

Efecto de la Suplementación con Cromo Orgánico de Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)  
Sobre las Características de la Carcasa y la Calidad de la Carne en Cerdos en Finalización

Luis Guillermo Trujillo Flórez

Universidad Tecnológica De Pereira  
Maestría en Desarrollo Agroindustrial  
2018

Efecto de la Suplementación con Cromo Orgánico de Levadura (*Saccharomyces cerevisiae*)  
Sobre las Características de la Carcasa y la Calidad de la Carne en Cerdos en Finalización

Luis Guillermo Trujillo Flórez

Director

Juan Carlos Rincón Flórez

Trabajo para optar al título de Magister en Desarrollo Agroindustrial

Universidad Tecnológica de Pereira

Maestría en Desarrollo Agroindustrial

2018

## Resumen

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de ractopamina y de cromo de levadura en la dieta de cerdos en finalización sobre el rendimiento, características de la canal y calidad de la carne. La investigación se llevó a cabo por un período de 28 días en una granja comercial, un total de 20 cerdos (TRAXX x TN40) con un peso inicial de  $63.17 \pm 7.60$  kg fueron distribuidos al azar a cuatro tratamientos: el primer tratamiento sin adición de cromo ni ractopamina (T1); el segundo tratamiento tuvo una adición de 10 ppm de ractopamina (T2); el tratamiento 3 tuvo 0,2 ppm de cromo orgánico de levadura (T3) y el tratamiento 4 contó con 0,4 ppm de cromo orgánico de levadura (T4). Se evaluó la grasa dorsal al inicio del trabajo, al día 14 y al día 28. El rendimiento en canal caliente y canal fría fue evaluado en la planta de beneficio. Muestras del músculo *Longissimus dorsi* (lomo) fueron tomadas para evaluar pH, resistencia al corte, goteo, temperatura, retención de agua y la composición de ácidos grasos. Se realizó un análisis descriptivo de los datos y un análisis de kruskal Wallis para determinar el efecto del tratamiento sobre las diferentes variables medidas. La suplementación con ractopamina o cromo de levadura no afectó la ganancia de peso, el peso final ( $83.62 \pm 8.84$  kg), conversión alimenticia, consumo de alimento, rendimiento canal caliente, rendimiento canal fría y grasa dorsal. La resistencia al corte fue afectada de forma negativa con la adición de ractopamina, pero se vio mejorada con la inclusión de cromo de levadura. Las pérdidas por goteo fueron mayores y significativas al incluir 0,2 ppm de cromo de levadura, mientras que el nivel más alto de cromo y la ractopamina no mostraron tener ningún efecto. No se encontró efecto de la ractopamina sobre los ácidos grasos, pero si se encontró efecto del cromo de levadura sobre la cantidad de estos.

Palabras clave: cromo, ractopamina, pérdidas por goteo, resistencia al corte, calidad carne.

## Abstrac

The objective of this study was to evaluate the effect of the addition of ractopamine and yeast chromium in the diet of pigs in the final stage on performance, carcass characteristics and meat quality. The investigation was carried out for a period of 28 days in a commercial farm, a total of 20 pigs (TRAXX x TN40) with an initial body weight of  $63.17 \pm 7.60$  kg were randomized to four treatments: the first treatment had no addition of chromium or ractopamine (T1); the second treatment had an addition of 10 ppm of ractopamine (T2); treatment 3 had 0.2 ppm organic yeast chromium (T3), treatment 4 was added 0.4 ppm organic yeast chromium (T4). Backfat thickness was evaluated at the beginning of the work, on day 14 and day 28. Hot carcass yield and cold carcass yield was evaluated in the slaughter house. *Longissimus dorsi* (loin) muscle samples were taken to evaluate pH, shear force, drip loss, temperature, water retention and fatty acid composition. A descriptive analysis of the data and a Kruskal Wallis analysis were carried out to determine the effect of the treatment on the different variables measured. Supplementation with ractopamine or yeast chromium did not affect weight gain, the final weight ( $83.62 \pm 8.84$  kg), feed conversion, feed intake, hot carcass yield, cold carcass yield and backfat thickness. The shear force was negatively affected with the addition of ractopamine, whereas it was improved with the inclusion of any of the two levels of yeast chromium. Drip losses were greater and significant with the inclusion of 0,2 ppm of yeast chromium, while the highest level of yeast chromium and ractopamine did not show any effect. No effect of ractopamine on fatty acids was found, but yeast chromium effect was found on the amount of these.

Key words: chromium, ractopamine, drip loss, shear forc , meat quality.

## Tabla de contenido

|     |                                      |    |
|-----|--------------------------------------|----|
| 1.  | Introducción .....                   | 7  |
| 2.  | Justificación del Problema .....     | 8  |
| 3.  | Objetivos .....                      | 12 |
| 3.1 | Objetivo general .....               | 12 |
| 3.2 | Objetivos específicos .....          | 12 |
| 4.  | Marco teórico .....                  | 13 |
| 5.  | Hipotesis .....                      | 19 |
| 6.  | Metodología .....                    | 19 |
| 6.1 | Animales .....                       | 19 |
| 6.2 | Tratamientos .....                   | 23 |
| 6.3 | Toma de muestras .....               | 24 |
| 6.4 | Análisis de calidad .....            | 26 |
| 6.5 | Análisis de datos .....              | 28 |
| 7.  | Resultados y discusión .....         | 29 |
| 7.1 | Desempeño animal .....               | 29 |
| 7.2 | Espesor grasa dorsal .....           | 31 |
| 7.3 | Características de la canal .....    | 34 |
| 7.4 | Calidad de carne .....               | 34 |
| 7.5 | Contenido ácidos grasos .....        | 37 |
| 8.  | Conclusiones y recomendaciones ..... | 41 |
| 9.  | Referencias .....                    | 43 |

## Lista de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 1. Consumo per cápita carnes en el mundo (kg).....  | 7  |
| Tabla 2. Descripción de Resultados Reportados en la Literatura para Suplementación de Cerdos con Diferentes Fuentes y Dosis de Cromo..... | 20 |
| Tabla 3. Composición de los Alimentos Suministrados en los Diferentes Tratamientos .....  | 24 |
| Tabla 4. Composición nutricional calculada.....   | 24 |
| Tabla 5. Ácidos Grasos Medidos .....  | 28 |
| Tabla 6. Efecto de la Fuente de Cr Sobre el Desempeño Animal.....   | 30 |
| Tabla 7. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Grasa Dorsal .....  | 33 |
| Tabla 8. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Canal .....   | 34 |
| Tabla 9. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Calidad de la Carne .....   | 36 |
| Tabla 10. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Saturados .....  | 37 |
| Tabla 11. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Monoinsaturados .....  | 38 |
| Tabla 12. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Poliinsaturados .....  | 39 |
| Tabla 13. Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Totales .....  | 40 |

## 1. Introducción

El crecimiento demográfico constante y el aumento de los ingresos de las personas generan una mayor demanda de carne (FAO, 2014b). El consumo per cápita de carne en el mundo (Tabla 1) ha pasado de 25,24 kg en 1965 hasta unos 36,28 kg en 1998 y unos 43,22 kg en el 2013 (FAO, 2018). Se tiene estimado que alcanzará los 44,7 kg en el año 2021 (OCDE, 2012).

*Tabla 1*

*Consumo per cápita carnes en el mundo (kg)*

|                         | 1965 | 1998  | 2013  | 2021* |
|-------------------------|------|-------|-------|-------|
| Carne de res            | 9,98 | 9,58  | 9,32  | 9,8   |
| Carne ovinos y caprinos | 1,82 | 1,77  | 1,91  | 2,05  |
| Carne de cerdo          | 9,33 | 13,96 | 16,02 | 16,3  |
| Carne de aves de corral | 3,29 | 10,21 | 14,99 | 16,5  |
| Otras carnes            | 0,82 | 0,76  | 0,98  |       |

FAOSTATS – OCDE.

\* Estimado

Según los estudios realizados, se ha observado que la demanda de la carne de cerdo ha experimentado un fuerte incremento en las últimas décadas (FAO, 2014a). La situación a nivel nacional se comporta igual, el consumo per cápita de carne de cerdo ha tenido un considerable aumento en los últimos años, pasando de 3,3 kg en el 2004 (ACP, 2015) hasta alcanzar los 8,6 kg para el 2016 (Asociación PorkColombia, 2017). Pero se presentan algunas variaciones por regiones en cuanto al consumo per cápita de carne de cerdo, para el año 2011 los principales departamentos consumidores eran Antioquia (17,1 kg), Risaralda (8,9 kg), Valle (7,5 kg), Bogotá DC (7,1 kg), Caldas (5,3 kg) y Quindío (4,4 kg) (ACP, 2012a); mientras que para el año 2017 el consumo incrementó reportando valores para Antioquia (27,24 kg), Risaralda (17,34 kg), Valle (16,81 kg), Bogotá DC (12,05 kg), Caldas (7,28 kg) y Quindío (11,92 kg) (Asociación PorkColombia, comunicación personal, 3 de julio 2018). Los datos anteriores posicionan a

Antioquia y al eje cafetero como los principales demandantes de productos cárnicos de origen porcino.

En Colombia la producción de carne de cerdo cada vez es mayor, según la Asociación Colombiana de Porcicultores para el año 2006 se beneficiaron en Colombia 1.919.367 de cabezas de ganado porcino (ACP, 2015), mientras que para el año 2016 el sacrificio reportado fue 4.069.690 animales (Asociación PorkColombia, 2017). El eje cafetero no es extraño a este importante crecimiento, tanto así que es considerada como una de las principales actividades pecuarias en la región; Caldas, Quindío y Risaralda beneficiaron para el año 2016 el 8,1% del total de los cerdos consumidos en el país (Asociación PorkColombia, 2017).

Para los años 2016 y 2017 no se reportan exportaciones de carnes sin hueso de la especie porcina (DANE, 2018), mientras que para esos mismo años se importaron 48.953 Tn y 74.198 Tn respectivamente (Asociación PorkColombia, 2018).

## **2. Justificación del Problema**

Las más recientes investigaciones de FENALCO revelan un aumento en la preocupación de los consumidores colombianos acerca de su estado de salud, también indican que buscan productos que sean bajos en grasa y que seleccionan con rigurosidad aquello que van a adquirir (León, 2014). Los consumidores de productos de origen animal no son ajenos a esta tendencia, cada vez son más exigentes al seleccionar los productos cárnicos que van a comprar, motivo por el cual es importante mejorar las piezas de mayor valor comercial, para poder suplir de manera eficiente los requerimientos de estos nuevos mercados y poder cubrir las necesidades de los consumidores.

Para poder obtener una carne de cerdo de mejor calidad y con un menor contenido de grasa se han realizado modificaciones en las dietas de los animales. Dentro de la formulación de



los alimentos se empiezan a incluir compuestos que mejoran la calidad del producto final. El empleo de aditivos en la producción animal es una práctica que acumula ya varias décadas y sus beneficios esperados se relacionan con su efecto mejorador en cuanto a eficiencia y costos; gran variedad de aditivos que mejoran la eficiencia se encuentran disponibles en el mercado, entre los que más destacan encontramos los antimicrobianos, los beta adrenérgicos y los minerales (De La Cueva, 2013).

La OIE define en su Codex Alimentarius a los promotores del crecimiento como aquellas sustancias antimicrobianas que se usan para aumentar el índice de engorde, promoviendo el uso eficiente de estos dentro de la alimentación animal y restringiendo al máximo su utilización (OIE, 2016).

Algunos de estos aditivos de origen químico, pueden tener efecto sobre la salud humana, por tal motivo, muchos países han prohibido su uso y han obligado en cierta forma a un retroceso de la calidad del cerdo. Uno de los medicamentos más usados dentro de la alimentación animal de cerdos y bovinos es la ractopamina, la cual es una sustancia sintética que promueve el crecimiento muscular sin aumentar la grasa (FAO, 2012).

Carlos Maya, expresidente ejecutivo de PorkColombia, afirma que en Colombia se emplea la ractopamina y que esta no representa daño para el consumidor. Adicionalmente, el funcionario sostiene que Colombia no verá afectado el negocio de la comercialización de la carne de cerdo en mercados del exterior por el uso de esta sustancia, ya que su prohibición no es una generalidad y aun su uso está autorizado en algunos países con los que se pueden establecer relaciones comerciales (CONTEXTOGANADERO, 2013).

En la actualidad el uso de ractopamina en la alimentación animal está prohibido en alrededor de 160 países, incluyendo la Comunidad Europea, Rusia y China; solamente está

aprobada en 27 países, como Japón, Estados Unidos, Canadá, Brasil, y Corea de Sur (Niño, Granja, Wanschel, & Salerno, 2015). También está permitido su uso en Australia y toda América Latina (excepto Chile) (Silva et al., 2014). Dadas las restricciones del mercado, el aumento de la legislación que impide su uso y los cambios en los hábitos de los consumidores, es necesario implementar productos de origen orgánico que puedan tener resultados similares en los sistemas de producción porcícolas.

En estos momentos la tendencia, en cuanto a la utilización de aditivos está dirigida al uso de sustancias naturales, en contraposición con algunos compuestos que pueden producir resistencia en los microorganismos o residualidad en la canal (De La Cueva, 2013).

En este sentido, es necesario investigar dietas y suplementos alternativos para cerdos en la fase de finalización que ayuden a mejorar variables tales como el consumo de alimento; el rendimiento al sacrificio; la ganancia de peso; la conversión alimenticia (relación entre la cantidad de alimento consumido y la ganancia de peso vivo en un periodo determinado); la calidad de la canal del cerdo a través la reducción del espesor de grasa dorsal, el aumento de la ganancia magra y el aumento de la profundidad del lomo; aumentar la producción de carne de cerdo, sin afectar su calidad en términos de color, marmoreo, firmeza y el pH (Silva et al., 2014).

Uno de los principales parámetros de calidad de la canal es el rendimiento al sacrificio, ya que va a influir en el precio recibido por el ganadero (Sánchez, 2005). Una alternativa para mejorar la calidad de la carne y de la carcasa de los cerdos es a través de la suplementación dietaria de cromo (Spears, 2010). Los suplementos de cromo han estado disponibles para el uso de los humanos por muchos años, pero su uso en cerdos ha sido más restringido, solamente ciertas forma de este han sido permitidas de forma reciente en la dieta de cerdos (Spears, 2010).

La forma biológicamente activa del cromo es la trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ) y es precisa para el metabolismo óptimo de lípidos e hidratos de carbono (Mateos, Valencia, & Moreno, 2004). Esta forma es absorbida por el organismo de los animales en niveles muy bajos, mientras que el cromo en forma orgánica es más asimilado por el organismo (Moreno, 2007).

En la actualidad unas variedades de formas de cromo orgánico están disponibles por todo el mundo, como pasa con todos los minerales, diferentes formas suponen tener diferentes disponibilidades. La disponibilidad relativa de las diferentes formas afectará el suministro a los tejidos y, consecuentemente, influenciará tanto la respuesta potencial biológica y económica del mineral suministrado (Lindemann, Cromwell, Monegue, & Purser, 2008). Entre las formas de cromo orgánico más utilizadas están el picolinato de cromo (Pic-Cr), el cromo niacina (Cr-Niac.), el cromo metionina (Cr-Met.) y el cromo-levadura (Cr-Lev.) (Moreno, 2007).

Se han realizado múltiples investigaciones en cerdos evaluando estas diferentes fuentes de cromo, dichos estudios arrojan evidencias de que la suplementación con cromo puede tener unos efectos positivos sobre el desempeño de los animales. Se han encontrado mejoras en diferentes etapas productivas sobre la tasa de crecimiento, las características de la carcasa y el desempeño reproductivo de los cerdos, mostrando que la suplementación con cromo en la dieta de cerdos puede ser beneficiosa, sin embargo las respuestas han sido inconsistentes y variables (Bergstrom et al., 2008; Matthews, Guzik, Lemieux, Southern, & Bidner, 2005; Jackson et al., 2009; Shelton et al., 2003), por lo tanto es necesario comprender mejor el efecto de la suplementación con cromo orgánico, en especial de levaduras, para tomar decisiones a nivel productivo en las granjas del país, teniendo en cuenta sus particularidades.

A nivel nacional son pocos los trabajos publicados sobre la suplementación con cromo de levadura en la suplementación de cerdos y no se conoce sus verdaderos efectos sobre la

capacidad productiva y la calidad de los productos cárnicos. Esta forma de cromo puede ser obtenida a través de las industrias panificadoras del país, representando una alternativa práctica y de bajo costo.

Todos aquellos procesos o modificaciones encaminadas a mejorar los productos cárnicos tendrán un impacto importante y ayudarán a la cadena a ser más competitiva, sobre todo si se tiene en cuenta los tratados de libre comercio que entraron en vigencia en los últimos años con países productores de carne de cerdo. Es imperativo poder producir un producto diferenciado que pueda mantener el mercado local e incursionar de forma exitosa en mercados extranjeros aprovechando el uso de aditivos orgánicos.

La Asociación Colombiana de Porcicultores ha emprendido campañas que buscan favorecer el consumo de carne (ACP, 2012b) y este trabajo será un aporte a ese esfuerzo por la búsqueda de productos de alta calidad, teniendo en cuenta los cambios del mercado, que demandan productos con características específicas, bajos en grasa y con valor agregado.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Determinar el efecto de la suplementación con cromo orgánico de levaduras (*Saccharomyces cerevisiae*) y ractopamina, sobre las características de la carcasa y la calidad de la carne en cerdos en finalización en una porcícola de Balboa (Risaralda).

#### **3.2 Objetivos específicos**

Determinar el efecto de la suplementación con 0,2 ppm y 0,4 ppm de cromo de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) y 10 ppm de ractopamina sobre la ganancia de peso, el rendimiento en canal, el espesor de la grasa dorsal, las pérdidas por goteo y la fuerza al corte de la carne de cerdos finalizando la ceba.

Caracterizar el perfil de ácidos grasos del lomo en cerdos de abasto suplementados con 0,2 ppm y 0,4 ppm de cromo de levadura y 10 ppm de ractopamina.

#### **4. Marco teórico**

De la misma manera que ha aumentado la ingesta media de calorías en el mundo, también han cambiado las dietas de las personas. Las modalidades de consumo de alimentos se están haciendo cada vez más similares en todo el mundo, incorporando alimentos más caros y de mayor calidad, como carne y productos lácteos (FAO, 2002). El público en general está comenzando a preocuparse por temas de la salud de los alimentos. Esta tendencia puede ser vista como una carga para la industria de los alimentos, pero también podría ser visto como un incentivo para estos de ofrecer productos que cumplan con las expectativas de los consumidores. Aquellos que puedan alcanzar esta meta serán recompensados con éxito comercial y con mayores precios por sus productos (Burgos et al., 2010).

Uno de los mayores temas de los alimentos que preocupan a los consumidores es el abuso de nutrientes que no son tóxicos o peligrosos, pero que están asociados con enfermedades degenerativas si se consumen en grandes cantidades. El mayor representante de estos compuestos es la grasa. La grasa en algunos alimentos es considerada como un componente no saludable por muchos consumidores, independientemente del efecto real que la grasa ejerce sobre la salud del consumidor. Además, la imagen de un alimento rico en grasa no siempre depende del contenido real de grasa en el alimento. La carne, en particular la de cerdo, se ha convertido en el paradigma para esta situación (Burgos et al., 2010).

Tradicionalmente se considera por parte de algunos consumidores que la carne de cerdo no es una buena opción de consumo, debido a que se cree que tiene un contenido de grasas mayor al de otras carnes. El tema se agrava cuando incluso algunos profesionales de la salud

continúan prohibiendo o sugiriendo disminuir su consumo, argumentando que el alto contenido de grasa es nutricionalmente inadecuado por generar problemas de salud y por aumentar la probabilidad de desarrollar enfermedades cardiovasculares (Zambrano & Lombana Sánchez, 2015).

El contenido de grasa en el cerdo es un parámetro extremadamente variable que depende de muchos factores, incluyendo el peso, la edad al sacrificio, la genética, la alimentación, el medio ambiente e incluso el tipo de músculo que se evalúe (Dorado, Martín, Jiménez-Colmenero, & Masoud, 1999). Es importante entender que en el proceso de desarrollo de un cerdo, el crecimiento muscular crece de forma lineal al consumo de alimento hasta un punto máximo y llegar a una meseta, los animales que tienen mayores consumos de alimento alcanzan de forma más rápida la meseta, y esta define la máxima capacidad que tiene el cerdo para producir músculo, después de haber alcanzado este punto la energía sobrante de la dieta será usada para la deposición de grasa (Patience, Rossoni-Serão, & Gutiérrez, 2015).

Se dificulta hablar acerca de la composición del cerdo con precisión sin proporcionar detalles sobre el origen y procesamiento de esa carne. En la literatura se encuentran reportes de varios años acerca de la composición de cortes específicos de cerdos, pero usar estos valores como referencia no hace justicia a la calidad del cerdo actual, ya que los valores allí encontrados sobrevaloren el contenido de grasa del cerdo, contribuyendo de esta forma a la percepción negativa del público como una comida grasosa (Burgos et al., 2010). Por ejemplo, Roppa (2013) reporta que el contenido de grasa (g/100g) era de 34,8 g en 1960 y de tan solo 3,0 g para 2012, y la cantidad de calorías (Kcal/100g) pasó de 413 a 116 en este periodo de tiempo.

Algunas investigaciones reportadas han demostrado que un 55% de los consumidores consideran que la carne porcina es alta en grasa y colesterol (Roppa, 2013). El consumo de

carne, especialmente el consumo de cerdo, está usualmente asociado por los consumidores con incrementar los riesgos para la salud. Esto es mayormente debido a la composición de su fracción de grasa, la cual está caracterizada por un alto contenido de grasa saturada, una desbalanceada relación entre ácidos grasos poliinsaturados  $\omega 6$  y  $\omega 3$ , y un alto contenido de colesterol (Burgos, Latorre, & López-buesa, 2016), aunque estas propiedades pueden ser fácilmente cambiadas por medios nutricionales (Burgos et al., 2010). Ciertas percepciones por parte de los consumidores no son correctas en muchos casos, ya que el contenido de colesterol en algunos músculos no es tan alto como se cree popularmente (Burgos et al., 2016).

Los ácidos grasos saturados incrementan los niveles del colesterol HDL en plasma e incrementan el riesgo de enfermedades coronarias (Burgos et al., 2016). Un desbalanceado consumo de ácidos grasos poliinsaturados  $\omega 6$  conduce a una inadecuada proporción entre eicosanoides derivados de las familias de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)  $\omega 6$  y  $\omega 3$ , su sustitución por PUFA  $\omega 3$  es una recomendación para alcanzar una menor incidencia de enfermedades relacionadas con una excesiva producción de eicosanoides derivados de PUFA  $\omega 6$  como la artritis reumatoidea, asma, e incluso algunos tipos de cáncer (Burgos et al., 2016).

La carne de cerdo ha tenido que acarrear con la mala fama de ser un producto nocivo y dañino para la salud humana, pero debido a los nuevos esquemas de producción, con animales mejorados y adecuados planes de alimentación la industria porcina dio un giro muy importante y empezó a centrar sus esfuerzos en la generación de un cerdo “dietético” con menos grasa.

Los productores de carne de cerdo en Colombia, de la mano de la asociación que los representa, PorkColombia, han buscado mediante diferentes métodos aumentar el consumo de carne y favorecer su imagen, entre las medidas que se han tomado para cautivar un mercado cada vez más exigente están las de tipo publicitario, importantes campañas y programas se han

establecido con el fin desmitificar y promocionar los productos de origen porcino (ACP, 2012b).

Los constantes esfuerzos para producir alimentos de origen animal para el hombre, cada vez en forma más eficiente y al costo más bajo posible, han estimulado la búsqueda de las mejores combinaciones entre los nutrientes ya conocidos y el desarrollo de nuevos aditivos que puedan incrementar la eficiencia, grado de crecimiento y el nivel de producción de los animales (Angel, 2013).

Es así como se empiezan a desarrollar nuevas dietas para animales en aras de mejorar su calidad y su producción de músculo. El cerdo pasó de tener un 48% de carne magra y 6 cm de grasa dorsal en 1960 a 60% de carne magra y 1 cm de grasa dorsal en 2012 (Roppa, 2013). Para incrementar las probabilidades de éxito económico en la industria de la carne es necesario adaptar los productos según las necesidades o deseos del consumidor (Burgos et al., 2016).

El uso de la ractopamina ha sido una de las alternativas que se ha propuesto para favorecer la formación de músculo y reducir la acumulación de grasa en las piezas cárnicas, con el fin de satisfacer la demanda del consumidor por carne de mejor calidad (Niño et al., 2015). La ractopamina es un beta adrenérgico (beta agonista) que actúa redirigiendo los nutrientes desde el tejido adiposo hacia la deposición de músculo, trayendo como resultado mejoras sustanciales en la ganancia de peso, la conversión, el rendimiento en canal y el contenido magro de la carcasa (Rikard-Bell et al., 2009). La reducción en la deposición de tejido adiposo de cerdos alimentados con dietas que contienen ractopamina ocurre a través de dos vías metabólicas, la reducción de la lipogénesis (Mills & Liu, 1990) y el incremento de la lipólisis (Liu, Boyer, & Mills, 1989). Las acciones mediadas por la ractopamina ocurren en el interior de la membrana celular después de la estimulación de los receptores del tipo beta, aumentando la producción de monofosfato cíclico de adenosina (AMPC) (McGraw & Liggett, 2005). Los beta adrenérgicos también son usados en



la medicina veterinaria como broncodilatadores, tocolíticos y tónicos cardíacos (Antignac, Marchand, Le Bizec, & Andre, 2002). Su uso en la alimentación animal está prohibido en alrededor de 160 países, incluyendo la Comunidad Europea, Rusia y China (Niño et al., 2015)

Otros productos se han utilizado para intentar disminuir los niveles de grasa: L-Carnitina, betaína, cromo, selenio, magnesio, ácido linoleico conjugado, vitamina E, fósforo y aminoácidos (Silva et al., 2014).

Uno de los aditivos que destaca para ser usado dentro de la alimentación animal es el cromo. La acción del cromo dentro del animal estimula la captura de glucosa por parte de los tejidos, ya que este forma parte del factor de tolerancia de glucosa (GTF), facilitando su absorción y utilización a nivel celular. (Gomes, Rogero, & Tirapegui, 2005; G. Mateos, Valencia, & Moreno, 2004) . Este incremento en la sensibilidad a la insulina podría aumentar la eficiencia en la utilización de la glucosa, haciendo que más energía de la dieta esté disponible para el cerdo, así el animal tendrá más glucosa para la síntesis de ácidos grasos *de novo* y podrá incrementar la deposición de carne magra en la carcasa por el aumento de la síntesis de músculo (Park, Lee, Chae, & Ohh, 2009; Jackson et al., 2009).

El valor de una fuente mineral está en función de la fracción o parte del compuesto mineral que es aprovechado por el animal (biodisponibilidad). Existen marcadas diferencias en la biodisponibilidad de un mineral, dependiendo de la forma química con la cual es aportado (Ejemplo: Oxido, Sulfato, Carbonato, Lisinato o Metionato) (García-Contreras, De Loera Ortega, Yagüe, Guevara González & García Artiga, 2012).

El cromo aparece en la dieta de los animales en su forma inorgánica, sin embargo, esta forma presenta una baja absorción por parte del organismo del animal (EFSA - European Food Safety Authority, 2012). Por otro lado, se ha demostrado que las fuentes orgánicas de cromo

presentan una muy buena absorción intestinal (Lindemann et al., 2008), como es el caso de las provenientes de levaduras que pueden obtenerse como subproductos de la industria panificadora.

La forma biológicamente activa del cromo es la trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ) y es precisa para el metabolismo de lípidos e hidratos de carbono. Una deficiencia en Cr es difícil de producir aún en condiciones experimentales, incluso no ha sido descrita en monogástricos (Mateos et al., 2004).

El cromo inorgánico (o cromo trivalente) es absorbido por el intestino de los animales en niveles muy bajos (0.4 a 3 % aproximadamente), mientras que el cromo en forma orgánica es más asimilado por el organismo y se ha observado que su coeficiente de absorción puede oscilar entre el 10 y 25 % (Wenk, 1994; Moreno, 2007).

En la actualidad disponemos de varias formas de cromo orgánico, la disponibilidad relativa de cada una de estas formas afectará el suministro a los tejidos y consecuentemente, influenciará tanto la respuesta potencial biológica y económica del mineral suministrado (Lindemann, Cromwell, Monegue & Purser, 2008). Entre las formas de cromo orgánico más utilizadas están el picolinato de cromo (Pic-Cr), el cromo niacina (Cr-Niac.), el cromo-levadura (Cr-Lev.) y el cromo metionina (Cr-Met.) (Moreno, 2007).

En cerdos, se han presentado evidencias de que la suplementación con diferentes fuentes de cromo puede afectar la tasa de crecimiento, las características de la carcasa y el desempeño reproductivo en diferentes etapas productivas. Sin embargo, los resultados reportados no son consistentes (Matthews, Guzik, Lemieux, Southern, & Bidner, 2005; Bergstrom et al., 2008; Jackson et al., 2009; Kim, Lindemann, & Cromwell, 2010), encontrándose variaciones por el sistema de producción, la genética o la fuente de cromo utilizada en la suplementación (Shelton et al., 2003; Matthews et al., 2005; Lindemann et al., 2008). La variación en la respuesta se puede deber al uso de diferentes niveles de cromo (Cr) en la dieta o a la variación de la tasa de

absorción de las diferentes fuentes de Cr usadas (Wang et al., 2014). La adición de cromo nanocompuesto a la dieta muestra tener un efecto positivo sobre las características de la canal y características de la carne, más no sobre los parámetros productivos de los cerdos (Wang & Xu, 2004; Wang, He, Lindemann, & Jiang, 2009). Sin embargo, con el cromo de levadura no se ha identificado un efecto sobre las características de la canal, mientras que su efecto en características productivas no es consistente, ya que algunos autores reportan que tiene efecto sobre la ganancia de peso de los animales (Lemme, Wenk, Lindemann, & Bee, 1999; Lindemann et al., 2008), mientras que en otro trabajo la suplementación no tuvo ningún efecto (Wenk, 1994). La tabla 2 resume algunos de los trabajos publicados empleando Cr orgánico en cerdos. A la fecha, se encuentran publicados pocos trabajos a cerca del uso de Cr orgánico de levadura, por lo que aún falta investigación para concluir y tomar decisiones desde el punto de vista técnico.

## **5. Hipotesis**

La suplementación con cromo orgánico de levadura (*Saccharomyces cerevisiae*) tendrá un efecto sobre las características de la carcasa y la calidad de la carne en cerdos de ceba.

## **6. Metodología**

### **6.1 Animales**

Se usaron 20 cerdos TOPIGS TRAXX x TOPIGS 40 (16 hembras y 4 machos) de la Porcícola Los Alpes, ubicada en el municipio de Balboa, vereda Granatal, en el departamento de Risaralda, la cual presenta una temperatura media de 20°C y una altura de 1150 m.s.n.m. El peso inicial de los cerdos fue  $63.17 \pm 7.60$  kg. La edad con la que iniciaron la fase experimental fue de 118 días de vida. Los cerdos fueron asignados aleatoriamente a 4 tratamientos diferentes, donde cada uno de estos se componía por 4 hembras y 1 macho. Se alojaron en corrales de piso de concreto de 11 m<sup>2</sup> (2,2 m<sup>2</sup>/animal).

Tabla 2

*Descripción de Resultados Reportados en la Literatura para Suplementación de Cerdos con Diferentes Fuentes y Dosis de Cromo*

| Estudio  | Fuente de cromo     | Nivel de inclusión        | Con efecto   | Sin efecto  |
|--|---------------------|---------------------------|--|---|
| Matthews et al., 2001                              | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               |  | Ganancia peso<br>Conversión<br>Consumo alimento<br>Grasa dorsal<br>Grasa décima costilla<br>Tamaño de la carcasa<br>Tamaño de lomo  |
| Shelton et al., 2003                               | Propionato de cromo | 0, 50, 100, 200 y 300 ppb | Características de la canal<br>Retención de agua       | Ganancia de peso  |
| Matthews et al., 2003                              | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               | % humedad del músculo<br>Pérdidas por deshielo         | Ganancia de peso<br>Consumo alimento<br>Conversión<br>pH  |
| Matthews, Guzik, Lemieux, Southern, & Bidner, 2005 | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               | pH del lomo<br>Merms por goteo                         | Ganancia de peso<br>Características de la canal   |
| Bergstrom et al., 2008                             | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               |  | Ganancia de peso<br>Características de la canal   |
| Lindemann et al., 2008                             | Propionato de cromo | 0 y 5000 ppb              |  | Ganancia de peso<br>Consumo alimento<br>Conversión<br>Grasa dorsal en la décima costilla<br>Tamaño del lomo<br>Tamaño de la carcasa<br>pH 45 min postmortem<br>pH 24 horas postmortem |
| Jackson et al., 2009                               | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               | Grasa dorsal<br>Grasa en décima costilla<br>% de magro | Ganancia de peso  |
| Gebhardt et al., 2017                              | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               | Ganancia de peso<br>Grasa dorsal<br>% de magro         | Consumo alimento<br>Conversión<br>Profundidad del lomo  |
| Gebhardt, Woodworth, et al., 2017                  | Propionato de cromo | 0 y 200 ppb               | Conversión   | Ganancia de peso<br>Consumo alimento<br>Características de la carcasa   |

| <b>Estudio</b>                     | <b>Fuente de cromo</b> | <b>Nivel de inclusión</b> | <b>Con efecto</b>   | <b>Sin efecto</b>   |
|------------------------------------|------------------------|---------------------------|---|---|
| Mooney & Cromwell, 1997            | Picolinato de cromo    | 0, 200 y 400 ppb          | Tamaño del lomo   | Grasa dorsal<br>Ganancia de peso  |
| Matthews et al., 2001              | Picolinato de cromo    | 0 y 200 ppb               |   | Ganancia peso<br>Conversión<br>Consumo alimento<br>Grasa dorsal<br>Grasa décima costilla<br>Tamaño de la carcasa<br>Tamaño de lomo  |
| Xi, Xu, Wu, & Chen, 2001           | Picolinato de cromo    | 0 y 200 ppb               | Ganancia de peso<br>Conversión alimenticia<br>% de magro<br>Tamaño del lomo<br>Grasa dorsal |   |
| Lien et al., 2001                  | Picolinato de cromo    | 0, 200 y 400 ppb          | Ganancia de peso<br>Tamaño del lomo<br>Grasa dorsal   |   |
| Wang, He, Lindemann, & Jiang, 2009 | Picolinato de cromo    | 0 y 200 ppb               | Tamaño del lomo<br>% grasa en la carcasa  | % magro en la carcasa<br>Grasa dorsal en décima costilla<br>Consumo de alimento<br>Ganancia de peso<br>Conversión de alimento   |
| Burgos et al., 2016                | Picolinato de cromo    | 0 y 200 ppb               | Colesterol en tejido adiposo<br>Colesterol en músculo<br>Acidos grasos omega 6              | Ganancia de peso  |
| Lindemann et al., 2008             | Metionina de cromo     | 0 y 5000 ppb              |   | Ganancia de peso<br>Consumo alimento<br>Conversión<br>Grasa dorsal en la décima costilla<br>Tamaño del lomo<br>Tamaño de la carcasa<br>pH 45 min postmortem<br>pH 24 horas postmortem |
| Almeida et al., 2010               | Metionina de cromo     | 0 y 400 ppb               | Consumo alimento  | Ganancia de peso<br>Características de la canal<br>Calidad de la carne  |
| Güémez et al., 2011                | Metionina de cromo     | 0 y 400 ppb               | Crecimiento<br>Tamaño del lomo  |   |

| <b>Estudio</b>                      | <b>Fuente de cromo</b> | <b>Nivel de inclusión</b>  | <b>Con efecto</b>  | <b>Sin efecto</b>  |
|-------------------------------------|------------------------|----------------------------|--|--|
| Li et al., 2013                     | Metionina de cromo     | 0, 300, 600 y 900 ppb      | Ganancia<br>Consumo alimento<br>Conversión<br>Tamaño del lomo<br>Grasa dorsal<br>Resistencia al corte                        | % carne magra<br>pH 45 min postmortem<br>% grasa intramuscular<br>Capacidad retención de agua  |
| Peres et al., 2014                  | Metionina de cromo     | 0 y 200 ppb                | Ganancia de peso<br>Conversión de alimento   | Consumo de alimento<br>Características de la canal<br>Características de la carne  |
| Tian, Gong, Xue, Cao, & Zhang, 2015 | Metionina de cromo     | 0, 100, 200, 400 y 800 ppb | Pérdidas por goteo<br>Resistencia al corte<br>pH 24 horas postmortem   | Ganancia de peso<br>Características de la canal  |
| Xu et al., 2017                     | Metionina de cromo     | 0 y 200 ppb                | Conversión<br>pH 24 horas postmortem   | Ganancia de peso<br>Peso carcasa caliente<br>Tamaño del lomo<br>Pérdidas por goteo   |
| Wang & Xu, 2004                     | Cromo nanocompuesto    | 0 y 200 ppb                | Conversión<br>% magro en la carcasa<br>Tamaño y peso del lomo<br>% grasa en la carcasa<br>Grasa dorsal<br>Pérdidas por goteo | Ganancia de peso<br>Consumo alimento<br>pH 45 min postmortem   |
| Wang et al., 2009                   | Cromo nanocompuesto    | 0 y 200 ppb                | Tamaño del lomo<br>% magro en la carcasa<br>% grasa en la carcasa<br>Grasa dorsal en décima costilla                         | Ganancia de peso<br>Consumo de alimento<br>Conversión  |
| Wenk, 1994                          | Cromo de levadura      | 0 y 500 ppb                |  | Consumo de alimento<br>Ganancia de peso<br>Conversión<br>Características de la canal   |
| Lemme, Wenk, Lindemann, & Bee, 1999 | Cromo de levadura      | 0, 200, 400 y 800 ppb      | Consumo de alimento<br>Ganancia de peso<br>Conversión  | Características de la canal  |
| Lindemann et al., 2008              | Cromo de levadura      | 0 y 5000 ppb               | Ganancia de peso   | Consumo alimento<br>Conversión<br>Grasa dorsal en décima costilla<br>Tamaño del lomo<br>Tamaño de la carcasa<br>pH 45 min postmortem<br>pH 24 horas postmortem |

## 6.2 Tratamientos

El tratamiento uno estaba constituido por el control negativo (CTL -) que consistía en un alimento balanceado comercial de finalización (Tabla 3), sin suplementación de cromo, ni ractopamina (T1); el tratamiento dos correspondió al control positivo (CTL +), que consistía en el mismo alimento balanceado suplementado con 10 ppm de ractopamina en el alimento balanceado, que es la dosis usada comúnmente en las producciones del país (T2); el tratamiento tres (T3), consistía en suministrar 0,2 ppm de cromo orgánico de levadura por cada kilogramo de alimento balanceado; y el tratamiento cuatro (T4) que se le adicionó 0,4 ppm de cromo orgánico de levadura por cada kilogramo de alimento balanceado. Los tratamientos 3 y 4 no contaban con ninguna inclusión de ractopamina. La dosis usada de ractopamina está dentro del rango sugerido por el laboratorio fabricante (Biotecno) del producto. Las dosis seleccionadas de cromo-levadura son las que se presentan comúnmente en la literatura con otras formas de cromo orgánico.

Los alimentos fueron elaborados a través de una maquila en una empresa de la región. La base del alimento balanceado fue igual en todos los casos, se usó un alimento comercial a base de soya y maíz o sorgo (Tabla 3). El cromo se adicionó a la micromezcla, para ser posteriormente mezclada con el núcleo base de la formulación. El alimento fue suministrado en un comedero de concreto tipo canoa varias veces al día (aproximadamente 5), de esta forma se garantizó mantenerlo lo más fresco posible, se estimuló el consumo de los animales y disminuyó el desperdicio. Se registró el consumo diario de alimento y su desperdicio por cada grupo. Los animales tuvieron acceso al alimento y agua *ad libitum*.

Tabla 3

Composición de los Alimentos Suministrados en los Diferentes Tratamientos

| Item                  | T1    | T2    | T3    | T4    |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| Ingredientes (%)      |       |       |       |       |
| Maiz USA              | 58,44 | 58,55 | 58,43 | 58,42 |
| Torta soya importada  | 20,69 | 20,74 | 20,69 | 20,69 |
| Galleta               | 8,00  | 8,00  | 8,00  | 8,00  |
| Mogolla Trigo         | 6,12  | 5,91  | 6,12  | 6,12  |
| Ac. Recuperado        | 3,50  | 3,50  | 3,50  | 3,50  |
| CaCO <sub>3</sub>     | 1,05  | 1,04  | 1,05  | 1,05  |
| BM cerdos nutritec    | 0,80  | 0,80  | 0,80  | 0,80  |
| Lisina                | 0,43  | 0,42  | 0,43  | 0,43  |
| Sal                   | 0,30  | 0,30  | 0,30  | 0,30  |
| Fosbicalcico          | 0,27  | 0,27  | 0,27  | 0,27  |
| Treonina              | 0,18  | 0,18  | 0,18  | 0,18  |
| DL-Metionina          | 0,17  | 0,17  | 0,17  | 0,17  |
| Cloruro de colina 60% | 0,05  | 0,05  | 0,05  | 0,00  |
| Pig light® 4000       | 0,00  | 0,05  | 0,00  | 0,05  |
| Levacrom®             | 0,00  | 0,00  | 0,01  | 0,02  |

BM cerdos nutritec:

|                                  |                             |                                  |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| <i>Vitamina A 10.000.000 U.I</i> | Pantotenato de Ca 10.000 mg | Selenio 200 mg                   |
| <i>Vitamina D3 1.500.000 U.I</i> | Biotina 100 mg              | ToxiAdd 2.500 g                  |
| <i>Vitamina E 60.000 U.I</i>     | Ácido Fólico 1.000 mg       | Propionato de Ca 98% 500 g       |
| <i>Vitamina K3 2.000 mg</i>      | Cobre 10.000 mg             | Bacitracina de Zn 15% 330 g      |
| <i>Vitamina B1 2.000 mg</i>      | Cobalto 150 mg              | Cloruro de Colina 60% 500 g      |
| <i>Vitamina B2 4.000 mg</i>      | Hierro 70.000 mg            | DL-Methionina 99% 400 g          |
| <i>Vitamina B3 20.000 mg</i>     | Manganeso 62.000 mg         | L-Lisina 99% 1.500 g             |
| <i>Vitamina B6 3.000 mg</i>      | Yodo 210 mg                 | Antioxidante 125 g               |
| <i>Vitamina B12 20 mg</i>        | Zinc 100.000 mg             | <i>Vehículo especial 8.000 g</i> |

Pig light® 4000:

Levacrom®:

Ractopamina Clorhidrato 4%

Cromo trivalente 2000 ppm

Cada alimento cumplió con los requerimientos nutricionales para la etapa en la que se encontraban los animales, la composición nutricional calculada se presenta en la tabla 4.

Las dietas fueron formuladas para ser isocalóricas (3255 kcal/kg) e isoproteicas (16% de proteína cruda), y con un contenido mínimo de lisina digestible de 1,10%.



Tabla 4

Composición nutricional calculada

| Item                  | T1     | T2     | T3     | T4     |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|
| Calcio                | 0,63%  | 0,63%  | 0,63%  | 0,63%  |
| Fosforo disponible    | 0,31%  | 0,31%  | 0,31%  | 0,31%  |
| Humedad               | 11,47% | 11,47% | 11,47% | 11,47% |
| Protéina              | 16,00% | 16,00% | 16,00% | 16,00% |
| Fibra                 | 3,87%  | 3,85%  | 3,85%  | 3,85%  |
| Grasa                 | 6,44%  | 6,44%  | 6,44%  | 6,44%  |
| Ceniza                | 4,74%  | 4,74%  | 4,74%  | 4,74%  |
| Energía (Kcal/kg)     | 3255   | 3255   | 3255   | 3255   |
| Lisina digestible     | 1,10%  | 1,10%  | 1,10%  | 1,10%  |
| Metionina digestible  | 0,34%  | 0,34%  | 0,34%  | 0,34%  |
| Treonina digestible   | 0,70%  | 0,70%  | 0,70%  | 0,70%  |
| Triptofano digestible | 0,16%  | 0,16%  | 0,16%  | 0,16%  |

### 6.3 Toma de muestras

Para cada uno de los tratamientos se tomó el peso de forma individual de los animales, estos fueron pesados al inicio del tratamiento, en la mitad (día 14) y al final (día 28) con ayuda de una Báscula Electrónica (Prometálicos). El proyecto contó con el aval del Comité de Ética de la Universidad Tecnológica de Pereira (CBE – UTP) con fecha del 23 de noviembre del 2015.

Se usó un ecógrafo Esaote Aquila Pro ® para medir la grasa dorsal de los 20 cerdos objeto de estudio. Cada animal fue ingresado a una jaula para restringir su movimiento, la medición se realizó a la altura de la décima costilla, zona que fue previamente limpiada con agua y con jabón. Se usó gel para ecografía como medio de acoplamiento y un transductor lineal de 18 cm APS con frecuencia de 3,5 MHz. Para cada imagen obtenida con el ecógrafo se midió el espesor de cada una de las capas de grasa: capa externa, capa media y capa interna, posteriormente se sumaron para obtener el contenido total de grasa dorsal de

cada uno de los animales (Ayuso, González, Hernández, Corral, & Izquierdo, 2013). Las imágenes fueron obtenidas para cada una de las etapas de medición del trabajo.

Los animales fueron llevados a la planta de beneficio de La Virginia (Risaralda), allí fueron nuevamente pesados antes de ser sacrificados. Después del beneficio se registró el peso de la canal en caliente y un día después de la canal en frío. Para estimar el rendimiento de la canal se empleó la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento en canal} = \frac{\text{Peso canal caliente o fría}}{\text{Peso vivo}} \times 100$$

Adicionalmente se recuperó una muestra igual del lomo de cada animal para realizar los análisis de calidad.

#### **6.4 Analisis de calidad**

Se realizaron las pruebas de perdida por goteo a los 20 cerdos objeto de este trabajo con muestras de 24 horas post-mortem, de las cuales se tomaron trozos de 2,5 cm de grueso y un peso aproximado de 15 g. Las muestras se pesaron en una balanza analítica colocándolas en bolsas ziploc suspendidas de un gancho. Las muestras fueron almacenadas a 4°C para su posterior pesaje a los tiempos de almacenamiento de 24 y 48 horas y se determinaron las perdidas por goteo mediante las diferencias de peso usando la siguiente ecuación (Braña et al., 2011):

$$\% \text{ exudado} = \frac{\text{Peso de bolsa con exudado} - \text{Peso de la bolsa}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

Se midió el pH en las 20 muestras de carne fresca, para esto se pesaron 10 g de carne fresca de cada una de las muestras, se les añadió 90 ml de agua destilada y se licuaron durante 1 minuto, posteriormente la suspensión se filtró para eliminar el tejido conectivo, se

midió el pH por triplicado en un pHmetro electrónico SI Analytics Lab 845, se registró la medición y se limpió el electrodo para realizar la siguiente lectura (Braña et al., 2011).

También se midió la capacidad de retención de agua (CRA) mediante el método de centrifugación; para lo cual se pesaron 10 gramos de lomo de cada animal, se molieron y se colocaron por separado 5 gramos de carne en tubos para centrífuga con 8 ml de una solución de NaCl 0.6M, posteriormente se agitó durante 1 minuto con una varilla de vidrio, se colocaron los tubos en un baño con hielo durante 30 minutos, seguido se volvieron a agitar durante 1 minuto. Se centrifugó la muestra durante 20 minutos a 5000 rpm, se recogió el sobrenadante por decantación y se midió el volumen final. La capacidad de retención se determinó usando la siguiente ecuación (Braña et al., 2011):

$$CRA = \frac{\text{Volúmen inicial solución salina} - \text{Volúmen del sobrenadante}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

La dureza/terneza de la carne se midió 10 días después del beneficio de los cerdos, se evaluaron las 20 muestras de lomo una correspondiente a cada animal de trabajo, evaluando la resistencia al corte que presentaba cada unidad experimental. Cada muestra de carne fue cocinada al grill hasta alcanzar los 60°C por ambos lados, posteriormente se obtuvo una muestra de carne de 5 cm x 1 cm x 1 cm, la cual fue llevada a un equipo de ensayos universal Instron®, se adaptó una celda de corte que registrara cargas inferiores a los 100 kg, con la ayuda del accesorio de cizallamiento se cortaron las muestras de carne como es definido por la AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION (Wheeler, Papadopoulos, & Miller, 2015).

Finalmente, las muestras de lomo fueron enviadas al laboratorio del Grupo de Investigación en Alimentación y Nutrición Humana de la Universidad de Antioquia, donde fueron molidas y homogenizadas para su posterior análisis por cromatografía de gases

(GLC), con el fin de determinar los perfiles los ácidos grasos saturados, los ácidos grasos monoinsaturados y los ácidos grasos poliinsaturados. Este ensayo está acreditado por la ONAC en la norma ISO/IEC 17025:2005. Los ácidos grasos medidos se presentan en la tabla 5.

Tabla 5

#### Ácidos Grasos Medidos

| Ácidos Grasos Saturados   | Ácidos Grasos Monoinsaturados   | Ácidos Grasos Poliinsaturados               |
|---------------------------|---------------------------------|---|
| A. caprílico (C8:0)       | A. miristoleico (C14:1)         | A. linoleico (C18:2n6c)                     |
| A. capríco (C10:0)        | A. palmitoleico (C16:1)         | A. cis-11, 14-eicosadienoico (C20:2)        |
| A. laurico (C12:0)        | A. oleico (C18:1n9c)            | A. cis-8, 11, 14-eicosatrienoico (C20:3n6)  |
| A. mirístico (C14:0)      | A. cis-11-eicosenoico (C20:1n9) | A. cis-11, 14, 17-eicosatrienoico (C20:3n3) |
| A. pentadecanoico (C15:0) |                                 | A. araquidónico (C20:4n6)                   |
| A. palmítico (C16:0)      |                                 |   |
| A. heptadecanoico (C17:0) |                                 |   |
| A. esteárico (C18:0)      |                                 |   |
| A. araquídico (C20:0)     |                                 |   |

## 6.5 Analisis de datos

Para el análisis de los datos se evaluaron los supuestos para el análisis de varianza y algunas de las variables no cumplieron el supuesto de normalidad evaluado por la prueba de Shapiro wilk. Por este motivo y teniendo en cuenta que el número de datos de este trabajo era pequeño, se decidió trabajar con estadística no paramétrica, específicamente con Kruskal-Wallis para el análisis de varianza. Cuando alguna variable reportó diferencia estadísticamente significativa se realizó la prueba *a posteriori* mediante el test de comparaciones múltiples de Kruskal-Wallis del paquete estadístico pgirmess del software R. Antes del análisis, se evaluó la homocedasticidad con el test de levene y todas las

variables cumplieron con el supuesto de acuerdo a los tratamientos. También se evaluó el efecto del sexo sobre todas las características medidas.

## **7. Resultados y discusión**

No se observaron diferencias en la aceptación de ninguno de los alimentos por parte de los animales. Tampoco cambios en el aspecto del alimento por la adición de la ractopamina o las diferentes dosis de cromo. Es importante mencionar que es difícil lograr un alimento completamente homogéneo por las pequeñas cantidades de cromo y ractopamina que se incluyeron en los diferentes tratamientos, lo cual puede tener efecto sobre los niveles de cromo y ractopamina en el alimento, por lo tanto la respuesta de los animales y la variabilidad al interior de cada grupo se pudo ver afectada, trayendo consecuencias sobre los resultados del trabajo. Las características productivas y de calidad se presentan a continuación.

### **7.1 Desempeño animal**

No se encontraron diferencias significativas por efecto del tratamiento en el peso de los animales, ni en la ganancia diaria de peso (GDP) (Tabla 6). En la fase final se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p<0.05$ ) por efecto del sexo sobre el peso final, reportando que los machos (92,75 kg) fueron más pesados que las hembras (81,34 kg). También se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $p<0.001$ ) en la ganancia diaria de peso (GDP) arrojando que los machos ganan diariamente más peso que las hembras, por ende, tuvieron una mayor ganancia total de peso ( $p<0.001$ ). Los tratamientos T2 y T3 reportaron un menor consumo de alimento y una menor conversión, mientras que los tratamientos T1 y T4 reportan los consumos y conversiones más altas; pero no se pudo realizar sobre estas variables el análisis de varianza ya que estas no fueron tomadas de

forma individual, sino que se obtuvo un solo dato por grupo, debido al manejo en corrales con comederos comunes.

Tabla 6

Efecto de la Fuente de Cr Sobre el Desempeño Animal<sup>1</sup>

|                          | Tratamientos <sup>2</sup> |       |       |       | SEM   |
|--------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                          | T1                        | T2    | T3    | T4    |       |
| Peso Inicial, kg         | 67,50                     | 59,30 | 64,10 | 61,80 | 3,318 |
| Peso Intermedio, kg      | 77,70                     | 71,70 | 75,60 | 75,00 | 3,553 |
| Peso Final, kg           | 87,70                     | 81,70 | 82,80 | 82,30 | 4,010 |
| Día 0 al 14              |                           |       |       |       |       |
| GDP, kg                  | 0,714                     | 0,885 | 0,821 | 0,942 | 0,074 |
| Día 14 al 28             |                           |       |       |       |       |
| GDP, kg                  | 0,729                     | 0,714 | 0,514 | 0,521 | 0,050 |
| Total, fase experimental |                           |       |       |       |       |
| GDP, kg                  | 0,721                     | 0,800 | 0,667 | 0,732 | 0,062 |
| CDA, kg                  | 2,286                     | 2,000 | 2,000 | 2,286 | 3     |
| Conversión, kg/kg        | 3,17                      | 2,50  | 2,99  | 3,11  | 3     |

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

<sup>3</sup>No se tiene valor SEM porque solamente se tomó un dato por grupo y no por individuo.

Wenk (1994) no observó un efecto positivo del cromo de levadura (550 ppb) sobre el desempeño animal, lo cual concuerda con los resultados obtenidos en este trabajo, si bien es cierto que no mejora dichos parámetros, tampoco los afecta de una forma negativa. Pero, Lemme et al., (1999) encontraron que cuando suplementaron cerdos con 200 ppb de cromo orgánico de levadura la ganancia diaria de peso y la conversión se vieron afectadas de forma positiva, hecho que se puede justificar, ya que los cerdos de dicho experimento fueron suplementados desde los 24.5 kg hasta los 105.5 kg de peso vivo, de esta forma consumieron el suplemento mucho más tiempo y fueron sacrificados con un peso mucho mayor al de este trabajo. Por su parte, Lindemann et al., (2008) encontró que para cerdos suplementados con cromo orgánico de levadura (5000 ppb) entre los 60 kg y 90 kg de peso vivo no hay efecto sobre la ganancia diaria de peso, el consumo diario de alimento, ni sobre

la conversión alimenticia; pero que si hay efecto positivo sobre la ganancia diaria de peso cuando los animales fueron suplementados desde los 90 kg hasta los 114.6 kg de peso vivo (peso final), lo que sugiere nuevamente que el cromo orgánico de levadura presenta mejores resultados cuando los animales son suplementados por más tiempo y sacrificados a un peso mayor. Lindemann et al., (2008) tampoco encontraron efecto del cromo de levadura sobre el peso final de los animales.

Es posible que al suplementar cerdos con cromo de levadura que no tengan un peso final por encima de los 100 kg de peso vivo no podamos obtener resultados muy notorios, ya que la literatura encontrada sugiere que los mejores resultados se obtienen al suplementar animales cuyo peso final supere los 100 kg de peso vivo. Pompeu, Rodrigues, Cavalcanti, Fontes, & Toral (2017) encontraron que la suplementación con ractopamina es más efectiva cuando los cerdos empiezan la suplementación con altos pesos iniciales; el peso final y la ganancia diaria de peso no se vieron afectados cuando suplementaron animales con un peso inicial de 68.4 kg.

## **7.2 Espesor grasa dorsal**

Al inicio de la fase experimental no se observaron diferencias estadísticamente significativas en la grasa dorsal total ni en su distribución, pero si hay efecto estadísticamente significativo del sexo en la grasa inicial externa, los machos tienen menor contenido que las hembras ( $p=0,00836$ ).

Al intermedio del trabajo (14 días) se encontró diferencia estadísticamente significativa en la grasa dorsal total ( $P=0,0299$ ) y para la grasa externa ( $P=0,0294$ ), siendo el T2 el que obtuvo el menor contenido de grasa, mientras el T3 es quien mayor cantidad tiene, siendo estadísticamente diferentes entre ellos. Este hecho se puede ver justificado ya que el T2 fue el grupo que menor peso registró al intermedio del trabajo y que tuvo una

importante variación en el contenido de grasa dorsal durante la primera fase experimental, ya que la respuesta a la ractopamina es más pronunciada durante las dos primeras semanas de suministro (Rikard-Bell et al., 2009); mientras que el alto contenido de grasa dorsal del T4 se encuentra justificado en el hecho de que fue uno de los tratamientos que presentó mayor cantidad de grasa dorsal al inicio de la investigación, y a pesar de que el tratamiento si tuvo efecto positivo sobre la grasa dorsal, no alcanzó a reducirla en forma significativa. Así mismo, durante la primera mitad de la fase experimental se encontró diferencia estadísticamente significativa ( $P < 0,05$ ) para la variación en la cantidad de grasa dorsal total (VGT), mostrando diferencias entre T1 y T4, siendo el primero quien más grasa disminuyó y el segundo quien más grasa ganó (Tabla 7). El T4 tuvo una mayor ganancia de grasa en la fase experimental pero esta no fue diferente de los demás tratamientos suplementados (T2 y T3). Posiblemente los animales del T1 fueron los que presentaron una mayor disminución de grasa al ser el grupo que empezó con una mayor cantidad, mientras que el T4 fue el único grupo que tuvo un leve incremento, que se puede explicar en el hecho de que fue el tratamiento que menor contenido de grasa dorsal presentó al inicio del trabajo, lo cual está asociado a un bajo peso al comienzo de la fase experimental y también porque la respuesta a la suplementación con cromo orgánico de levadura es importante cuando se suplementan animales con pesos superiores a los trabajados en esta investigación (Lindemann et al., 2008).

En la fase final no se encuentra ninguna diferencia estadísticamente significativa para ninguno de los tratamientos tanto en la grasa dorsal total como en su distribución, pero hay una tendencia que muestra que el tratamiento suplementado con ractopamina (T2) presenta una menor cantidad de grasa total y de grasa externa (Tabla 7), sin embargo no se observa la diferencia significativa que se evidenció a los 14 días de tratamiento, lo que



concuenda con que la ractopamina tiene mayores efectos durante las dos primeras semanas de suministro (Rikard-Bell et al., 2009).

Tabla 7

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Grasa Dorsal<sup>1</sup>

|                  | Tratamientos <sup>2</sup> |                     |                     |                     | SEM   |
|------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
|                  | T1                        | T2                  | T3                  | T4                  |       |
| Grasa inicial    | 16,12                     | 11,64               | 14,50               | 11,48               | 1,048 |
| Externa          | 5,52                      | 4,26                | 6,66                | 4,56                | 0,623 |
| Media            | 6,76                      | 4,50                | 5,06                | 4,32                | 0,523 |
| Interna          | 3,84                      | 2,88                | 2,78                | 2,60                | 0,445 |
| Grasa intermedia | 12,32 <sup>ab</sup>       | 9,80 <sup>a</sup>   | 13,66 <sup>b</sup>  | 11,78 <sup>ab</sup> | 0,730 |
| Externa          | 4,20 <sup>ab</sup>        | 3,48 <sup>a</sup>   | 5,98 <sup>b</sup>   | 4,70 <sup>ab</sup>  | 0,440 |
| Media            | 5,12                      | 3,64                | 4,72                | 4,06                | 0,395 |
| Interna          | 3,00                      | 2,68                | 2,96                | 3,02                | 0,310 |
| VGT día 0 al 14  | -3,80 <sup>b</sup>        | -1,84 <sup>ab</sup> | -0,84 <sup>ab</sup> | 0,30 <sup>a</sup>   | 0,995 |
| Grasa final      | 12,44                     | 9,72                | 13,30               | 11,20               | 1,115 |
| Externa          | 5,04                      | 3,72                | 6,36                | 5,16                | 0,543 |
| Media            | 4,52                      | 3,48                | 4,46                | 3,60                | 0,523 |
| Interna          | 2,88                      | 2,52                | 2,48                | 2,44                | 0,390 |
| VGT día 14 al 28 | 0,12                      | -0,08               | -0,36               | -0,58               | 1,083 |
| VGT día 0 al 28  | -3,68                     | -1,92               | -1,20               | -0,28               | 1,378 |

<sup>a,b</sup>Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos,  $P < 0.05$ .

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

El peso final de los animales puede explicar el por qué ninguno de los tratamientos reporta diferencias entre ellos, ya que todos los tratamientos tuvieron un peso promedio inferior a los 90 kg de peso vivo, y la acumulación de grasa ocurre cuando los animales son sacrificados por encima de los 100 kg de peso vivo. El efecto de la suplementación se hace más importante cuando se pasa el punto de inflexión de la deposición de grasa, donde la acumulación de lípidos es más dominante (Ligt, Lindemann, & Cromwell, 2002a). De la misma forma, la variación en la cantidad de grasa dorsal total (VGT) durante la segunda mitad de la fase experimental y durante todo el periodo de investigación, no reportó efecto

estadísticamente significativo de los tratamientos, pero si se encontró un efecto del sexo de los animales ( $P<0,05$ ), mostrando que los machos variaron más su contenido de grasa dorsal que las hembras.

### 7.3 Características de la canal

El peso de la canal caliente, el rendimiento en canal caliente, el peso de la canal fría y el rendimiento en canal frío, no presentan ningún efecto estadísticamente significativo por parte del tratamiento, pero el sexo si tuvo un efecto estadísticamente significativo sobre rendimiento en la canal caliente ( $p=0,0177$ ), arrojando que las hembras tienen un rendimiento en canal más alto. Los valores medios para cada tratamiento se presentan en la tabla 8. Las características de la canal no se vieron afectadas por los tratamientos porque el peso inicial y final de los animales no es muy alto; y el mayor efecto de la suplementación se observa cuando los cerdos se encuentran en una etapa final donde la acumulación de grasa es mayor (Ligt, Lindemann, & Cromwell, 2002b).

Tabla 8

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Canal<sup>1</sup>

|                               | Tratamientos <sup>2</sup> |       |       |       | SEM   |
|-------------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                               | T1                        | T2    | T3    | T4    |       |
| Peso canal caliente, kg       | 76,44                     | 71,20 | 70,44 | 70,36 | 3,680 |
| Rendimiento canal caliente, % | 88,02                     | 88,14 | 86,62 | 88,42 | 0,845 |
| Peso canal fría, kg           | 73,86                     | 68,88 | 68,08 | 67,96 | 3,578 |
| Rendimiento canal fría, %     | 85,06                     | 85,25 | 83,68 | 85,38 | 0,905 |

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

### 7.4 Calidad de carne

Se encontró efecto estadísticamente significativo para la resistencia al corte ( $P=0,0138$ ), el T4 presentó la menor resistencia, mientras que el T2 presentó la mayor,

siendo estadísticamente diferente entre ellos. Sales & Jančík (2011) concluyeron en su estudio que la suplementación con cromo no afecta características de la calidad de la carne como la resistencia al corte, lo cual coincide con nuestra investigación. Mientras que la ractopamina si afectó negativamente la resistencia al corte aumentando su valor, coincidiendo con lo reportado en otras investigaciones (Xiong et al., 2006; Dikeman, 2007). A medida que pasan los días postmortem la carne de cerdos alimentados con ractopamina reduce la resistencia al corte e incluso alcanza valores similares a la de cerdos no suplementados con dicha sustancia (Xiong et al., 2006), en este trabajo se encontró que incluso realizando las mediciones 10 días después del beneficio, la carne de cerdos suplementados con ractopamina fue más dura que aquellos que no fueron suplementados con este aditivo. Investigaciones han demostrado que cerdos alimentados con ractopamina incrementan la proporción de fibras musculares blancas a expensas de las intermedias, lo que ocasiona el aumento en el tamaño de ambas y trae como consecuencia incrementar la resistencia al corte de la carne (Li et al., 2015). Incrementar la dureza de la carne afecta de forma negativa la calidad de esta, ya que la terneza es uno de los principales factores de palatabilidad que afectan la aceptación del consumidor de productos cárnicos frescos (Xiong et al., 2006); a pesar de que en el mercado nacional es una característica que aún pasa inadvertida, las tendencias actuales del consumidor muestran que este es cada vez más exigente, que se preocupa más por la calidad de los productos por los cuales está pagando, por lo tanto es necesario poder ofrecer un producto que cumpla con sus exigencias, no solo en cuanto al contenido de grasa, sino que presente una alta palatabilidad.

El goteo a las 24 horas mostró un efecto estadísticamente significativo ( $P=0,0115$ ) de los tratamientos, el T4 presentó la menor pérdida mientras que el T3 presentó la mayor, siendo estadísticamente diferente entre ellos. El goteo a las 48 horas tuvo un efecto

estadísticamente significativo ( $P=0,0081$ ), el T1 tuvo la menor pérdida de agua y el T3 tuvo la mayor, siendo diferentes estadísticamente entre ellos. La ractopamina no tuvo efecto significativo sobre el goteo de la carne tal como está reportado en varios trabajos e investigaciones (Athayde et al., 2012). El efecto de la suplementación con cromo para las pérdidas por goteo no fue consistente en este trabajo, ya que para el T3 se tuvo un efecto estadísticamente significativo, incrementando las pérdidas; mientras que para el T4 no se obtuvo efecto alguno. Algunas investigaciones realizadas con cromo no muestran ningún tipo de efecto de la suplementación sobre las pérdidas por goteo, mientras que en otros casos se observa un efecto pero positivo (Peres et al., 2014), por lo tanto resulta de suma importancia adelantar nuevas investigaciones para obtener resultados y conclusiones acerca del efecto que tiene sobre las pérdidas por goteo al suplementar los cerdos con cromo.

La retención de agua, la temperatura y el pH no tuvieron efecto significativo de ninguno de los tratamientos (Tabla 9).

Tabla 9

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Calidad de la Carne<sup>1</sup>

|  | Tratamientos <sup>2</sup> |                    |                     |                    | SEM    |
|--|---------------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------|
|  | T1                        | T2                 | T3                  | T4                 |        |
| Resistencia al corte, kg/cm <sup>3</sup> | 17,66 <sup>ab</sup>       | 22,14 <sup>b</sup> | 16,75 <sup>ab</sup> | 16,51 <sup>a</sup> | 0,860  |
| Goteo 24H, gr                            | 2,02 <sup>ab</sup>        | 1,98 <sup>ab</sup> | 3,45 <sup>b</sup>   | 1,95 <sup>a</sup>  | 0,288  |
| Goteo 48 H, gr                           | 2,19 <sup>a</sup>         | 3,39 <sup>ab</sup> | 4,41 <sup>b</sup>   | 2,62 <sup>ab</sup> | 0,313  |
| Retención agua, %                        | 64                        | 58,60              | 32,20               | 27,20              | 10,553 |
| Temperatura, °C                          | 23,60                     | 23,00              | 23,20               | 22,80              | 0,445  |
| pH                                       | 5,78                      | 5,76               | 5,68                | 5,67               | 0,078  |

<sup>a,b</sup> Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos,  $P < 0,05$ .

<sup>1</sup> Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup> Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

## 7.5 Contenido ácidos grasos

Se encontró efecto significativo de los tratamientos sobre todos los ácidos grasos saturados, excepto para el a. caprílico. En aquellos donde hubo diferencia fue siempre el T2 quien tuvo la menor cantidad y el T4 quien tuvo la mayor, excepto para el á. caprico en donde el T3 tuvo una concentración más alta (Tabla 10). Rossi et al. (2010) encontró que la ractopamina tiene una leve influencia sobre los ácidos grasos saturados, solamente mostrando un efecto sobre el á. laurico, mientras que no muestra efecto sobre ninguno de los demás, lo que coincide con lo encontrado en este trabajo. Tavárez et al. (2012) también encontraron un efecto leve de la inclusión de ractopamina sobre los ácidos grasos saturados, solamente tuvo efecto significativo sobre el á. araquídico (C20:0) mermando su cantidad, mientras que no mostró efecto significativo sobre los á. mirístico (C14:0), palmítico (C16:0) y esteárico (C18:0). Watanabe et al. (2012) al igual que este trabajo no encontraron efecto de la ractopamina sobre ninguno de los ácidos grasos saturados.

Tabla 10

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Saturados<sup>1</sup>

|                           | Tratamientos <sup>2</sup> |                       |                        |                        | P       |
|---------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|---------|
|                           | T1                        | T2                    | T3                     | T4                     |         |
| A. caprílico (C8:0)       | 7,80E-05                  | 0,00E+00              | 2,04E-04               | 3,22E-04               | N.S     |
| A. caprico (C10:0)        | 2,33E-03 <sup>ab</sup>    | 1,55E-03 <sup>a</sup> | 5,50E-03 <sup>b</sup>  | 4,76E-03 <sup>ab</sup> | 0,0058  |
| A. laurico (C12:0)        | 3,16E-03 <sup>ab</sup>    | 1,82E-03 <sup>a</sup> | 3,89E-03 <sup>ab</sup> | 4,08E-03 <sup>b</sup>  | 0,0154  |
| A. mirístico (C14:0)      | 1,78E-02 <sup>ab</sup>    | 8,48E-03 <sup>a</sup> | 3,35E-02 <sup>ab</sup> | 3,87E-02 <sup>b</sup>  | 0,0096  |
| A. pentadecanoico (C15:0) | 7,84E-04 <sup>ab</sup>    | 2,80E-04 <sup>a</sup> | 1,20E-03 <sup>ab</sup> | 1,68E-03 <sup>b</sup>  | 0,00398 |
| A. palmítico (C16:0)      | 3,31E-01 <sup>ab</sup>    | 1,58E-01 <sup>a</sup> | 6,19E-01 <sup>ab</sup> | 7,66E-01 <sup>b</sup>  | 0,00398 |
| A. heptadecanoico (C17:0) | 2,81E-03 <sup>ab</sup>    | 1,50E-03 <sup>a</sup> | 4,20E-03 <sup>ab</sup> | 7,16E-03 <sup>b</sup>  | 0,00348 |
| A. esteárico (C18:0)      | 1,63E-01 <sup>ab</sup>    | 6,79E-02 <sup>a</sup> | 2,86E-01 <sup>ab</sup> | 3,64E-01 <sup>b</sup>  | 0,00248 |
| A. araquídico (C20:0)     | 2,70E-03 <sup>ab</sup>    | 1,37E-03 <sup>a</sup> | 5,08E-03 <sup>ab</sup> | 5,76E-03 <sup>b</sup>  | 0,00399 |

<sup>a,b</sup>Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos,  $P < 0.05$ . N.S, no significativo.

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

Adicionalmente, en este trabajo se encontró efecto significativo de los tratamientos sobre todos los ácidos grasos monoinsaturados, excepto para el ácido miristoleico. Para los ácidos grasos donde se encontró efecto, el T2 fue siempre el que presentó una menor cantidad y el T4 quien tuvo la mayor, siendo estadísticamente diferentes entre ellos (Tabla 11). Rossi et al. (2010) y Tavárez et al. (2012) tampoco encontraron efecto significativo sobre la cantidad de ácidos grasos monoinsaturados al adicionar 10 ppm y 7.5 ppm de ractopamina respectivamente. Watanabe et al. (2012) al igual que este trabajo no encontraron efecto de la ractopamina sobre ninguno de los ácidos grasos monoinsaturados.

Tabla 11

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Monoinsaturados<sup>1</sup>

|                                 | Tratamientos <sup>2</sup> |                       |                         |                       | P       |
|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|---------|
|                                 | T1                        | T2                    | T3                      | T4                    |         |
| A. miristoleico (C14:1)         | 8,40E-05                  | 0,00E+00              | 2,32E-04                | 0,00E+00              |         |
| A. palmitoleico (C16:1)         | 3,46E-02 <sup>ab</sup>    | 1,82E-02 <sup>a</sup> | 7,00E-02 <sup>ab</sup>  | 7,38E-02 <sup>b</sup> | 0,00967 |
| A. oleico (C18:1n9c)            | 5,66E-01 <sup>2ab</sup>   | 2,76E-01 <sup>a</sup> | 1,09E+00 <sup>2ab</sup> | 1,30E+00 <sup>b</sup> | 0,00967 |
| A. cis-11-eicosenoico (C20:1n9) | 8,60E-03 <sup>2ab</sup>   | 5,34E-03 <sup>a</sup> | 1,61E-02 <sup>2ab</sup> | 1,86E-02 <sup>b</sup> | 0,00967 |

<sup>a,b</sup>Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, P < 0.05.

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

Por otra parte, se encontró efecto significativo de los tratamientos sobre todos los ácidos grasos poliinsaturados, excepto para el ácido cis-11, 14, 17-eicosatrienoico (C20:3n3). Para los ácidos grasos donde se encontró efecto fue siempre el T2 el que presentó una menor cantidad y el T4 quien tuvo la mayor, siendo estadísticamente diferentes entre ellos (Tabla 12). Rossi et al. (2010) solamente encontraron efecto estadístico al adicionar 10 ppm de ractopamina sobre ácido cis-11, 14-eicosadienoico (C20:2), mientras que los demás no se vieron afectados por el tratamiento. Tavárez et al.

(2012) no encontraron efecto sobre los ácidos grasos linoleico (C18:2n6c) y araquidónico (C20:4n6), pero si encontraron efecto sobre el ácido linolénico (C18:3n3). Watanabe et al. (2012) al igual que este trabajo no encontraron efecto de la ractopamina sobre ninguno de los ácidos grasos poliinsaturados.

Tabla 12

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Poliinsaturados<sup>1</sup>

|   | Tratamientos <sup>2</sup> |                       |                        |                       | P       |
|---|---------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|---------|
|   | T1                        | T2                    | T3                     | T4                    |         |
| A. linoleico (C18:2n6c)                     | 1,81E-01 <sup>ab</sup>    | 1,12E-01 <sup>a</sup> | 3,51E-01 <sup>ab</sup> | 5,02E-01 <sup>b</sup> | 0,00508 |
| A. cis-11, 14-eicosadienoico (C20:2)        | 5,75E-03 <sup>ab</sup>    | 3,54E-03 <sup>a</sup> | 1,08E-02 <sup>ab</sup> | 1,53E-02 <sup>b</sup> | 0,00760 |
| A. cis-8, 11, 14-eicosatrienoico (C20:3n6)  | 2,58E-03 <sup>ab</sup>    | 1,43E-03 <sup>a</sup> | 4,53E-03 <sup>ab</sup> | 6,29E-03 <sup>b</sup> | 0,00293 |
| A. cis-11, 14, 17-eicosatrienoico (C20:3n3) | 7,70E-04                  | 3,84E-04              | 7,32E-04               | 0,00E+00              |         |
| A. araquidónico (C20:4n6)                   | 2,02E-02 <sup>ab</sup>    | 9,93E-03 <sup>a</sup> | 3,14E-02 <sup>ab</sup> | 4,37E-02 <sup>b</sup> | 0,00293 |

<sup>a,b</sup>Letras diferentes dentro de una fila corresponden a diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, P < 0.05.

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

Finalmente, se encontró efecto significativo de los tratamientos sobre todas las grasas, en todos los casos el T2 fue quien presentó una menor cantidad y el T4 quien tuvo la mayor, siendo estadísticamente diferentes entre ellos (Tabla 13). Tavárez et al. (2012) y Watanabe et al. (2012) tampoco encontraron ningún efecto significativo (P<0.05) sobre la grasa saturada total (GST), grasa monoinsaturada total (GMT) y grasa poliinsaturada total (GPT) al adicionar ractopamina a la dieta; mientras que Bučko et al. (2015) encontraron efecto significativo sobre la GST y GMT al adicionar cromo orgánico en la forma de cromo inactivo de levadura, pero no encontraron efecto significativo sobre GPT. Lo anterior

ratifica el hecho de que adicionar cromo orgánico a la dieta de cerdos en la etapa de finalización modifica los perfiles de ácidos grasos de la carne.

Tabla 13

Efecto de la Fuente de Cr Sobre la Cantidad de Ácidos Grasos Totales<sup>1</sup>

|                  | Tratamientos <sup>2</sup> |                       |                        |                       | SEM   | P       |
|------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------|---------|
|                  | T1                        | T2                    | T3                     | T4                    |       |         |
| GST <sup>3</sup> | 5,24E-01 <sup>ab</sup>    | 2,41E-01 <sup>a</sup> | 9,59E-01 <sup>ab</sup> | 1,19E+00 <sup>b</sup> | 0,163 | 0,0040  |
| GMT <sup>4</sup> | 6,09E-01 <sup>ab</sup>    | 2,99E-01 <sup>a</sup> | 1,18E+00 <sup>ab</sup> | 1,39E+00 <sup>b</sup> | 0,205 | 0,00967 |
| GPT <sup>5</sup> | 2,10E-01 <sup>ab</sup>    | 1,27E-01 <sup>a</sup> | 3,99E-01 <sup>ab</sup> | 5,67E-01 <sup>b</sup> | 0,060 | 0,00508 |
| Grasa Total      | 1,40E+00 <sup>ab</sup>    | 6,98E-01 <sup>a</sup> | 2,65E+00 <sup>ab</sup> | 3,31E+00 <sup>b</sup> | 0,450 | 0,0076  |
| GPT/GST          | 0,40 <sup>a</sup>         | 0,53 <sup>b</sup>     | 0,42 <sup>ab</sup>     | 0,48 <sup>ab</sup>    |       |         |

<sup>a,b</sup>Medias dentro de una fila sin una letra superíndice común son diferentes,  $P < 0.05$ .

<sup>1</sup>Cada media representa 5 animales por tratamiento.

<sup>2</sup>Los tratamientos fueron: sin suplementación (T1), 10 ppm ractopamina (T2), 0,2 ppm Cr orgánico (T3) y 0,4 ppm Cr orgánico (T4).

<sup>3</sup>GST, grasa saturada total.

<sup>4</sup>GMT, grasa monoinsaturada total.

<sup>5</sup>GPT, grasa poliinsaturada total.

Los resultados obtenidos con los cerdos suplementados con cromo son muy interesantes, ya que poder incrementar la cantidad de grasa saturada total (GST) en la carne podría significar mejorar la calidad de esta. El grado de saturación de la grasa es una de las características más importantes que influencia los parámetros de calidad, una menor cantidad de grasa saturada puede influenciar la palatabilidad y sabor de la carne, ya que al tener menos grasa saturada los ácidos grasos con enlaces dobles serán fácilmente oxidados, la tasa de auto oxidación incrementará aumentando la probabilidad de afectar el sabor y olor de la carne (Webb & O'Neill, 2008).

También se encontró un efecto positivo de los tratamientos para la relación GPT/GST, siendo estadísticamente diferentes el T1 del T2 lo cual coincide con lo reportado por Tavárez et al. (2012), quien encontró que la suplementación con ractopamina incrementa la relación GPT/GST. A pesar de que no se registró diferencia estadística para los tratamientos con cromo, si hay una tendencia que a medida que incrementa el nivel de



cromo en la dieta la relación aumenta, además no se encontró diferencia estadísticamente significativa de los tratamientos con Cr-lev y ractopamina. La relación GPT/GST recomendada debería estar por encima de 0.4, algunas carnes tienen una relación cercana a 0.1 y han sido consideradas las responsables en el desbalance en los ácidos grasos ingeridos por la consumidores actuales (Wood et al., 2003); si bien es cierto en este trabajo la carne de cerdos no suplementados (T1) se encuentra en el valor recomendado, podemos ver que cualquiera de las suplementaciones realizadas tendieron a mejorar dicha relación, lo que representa una mejora real para los consumidores. Estas modificaciones son muy importantes, ya que en la actualidad el énfasis se concentra en evaluar la calidad de la grasa y no la cantidad (Webb & O'Neill, 2008). Los músculos, como es el lomo de cerdo, poseen altas concentraciones de ácidos grasos de cadena larga, pero solamente la importancia de esto ha sido reconocida recientemente, primero porque tiene mayor significado como alimento y segundo por la creciente aversión hacia la grasa (Wood et al., 2008). Las propiedades químicas y físicas de la grasa influyen la calidad y el consumo de carne, reduciendo el contenido de la grasa en la carne se puede afectar negativamente la satisfacción de los consumidores, ya que la palatabilidad es el principal factor de aceptación del consumidor, reducir la cantidad de grasa total disminuye también la grasa intramuscular, y esta afecta directamente la jugosidad y sabor de la carne, e indirectamente la terneza (Webb & O'Neill, 2008).

## **8. Conclusiones y recomendaciones**

El uso de ractopamina a pesar de que puede mejorar el rendimiento productivo de los cerdos tiene un impacto negativo en algunas características de la calidad de la carne y su uso está prohibido en muchos países, por lo tanto es necesario encontrar sustitutos con los

cuales se pueda obtener resultados similares y que no presenten ningún riesgo para la salud humana.

Usar cromo de levadura en la suplementación de cerdos parece ser una buena alternativa para reemplazar la ractopamina, con su uso se pueden obtener buenos resultados productivos sin afectar de forma negativa la calidad de la carne, manteniendo características como su terneza y mejorando su perfil de ácidos grasos. Adicionalmente al ser un aditivo que no representa riesgo para la salud humana no está restringido en ningún país, por lo tanto su uso no cierra las puertas para futuras exportaciones. Se sugiere realizar nuevos ensayos con otras dosis de Cr-lev, con el fin de llegar a dosis óptimas para los sistemas de producción de Colombia, al mismo tiempo que realizar ensayos con cerdos que cuenten con un peso superior a los 100 kg de peso vivo para evaluar el efecto del aditivo en la etapa donde se presenta el pico de acumulación de grasa.

Para investigaciones futuras sería importante poder contar con microtrazadores para poder garantizar la homogeneidad del alimento, como también poder realizar el trabajo con una muestra mayor para obtener más datos y evaluar dosis mayores de cromo para poder establecer cuál es el nivel óptimo de inclusión dentro de la dieta de cerdos.

## 9. Referencias

- ACP. (2012a). Análisis de coyuntura del sector porcicultor Año 2011. *Porcicultura Colombiana*, 162(Febrero), 25–34.
- ACP. (2012b). Nueva campaña de fomento al consumo de carne de cerdo. *Porcicultura Colombiana*, 165(Mayo-Junio), 7.
- ACP. (2015). Análisis de nuestro sector 2014. *Porcicultura Colombiana*, 197(Enero-Febrero), 14–24.
- Almeida, V. V. de, Berenchtein, B., Costa, L. B., Tse, M. L. P., Braz, D. B., & Miyada, V. S. (2010). Ractopamina, cromo-metionina e suas combinações como aditivos modificadores do metabolismo de suínos em crescimento e terminação. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 39(9), 1969–1977. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982010000900015>
- Angel, M. A. (2013). *Uso de probióticos en la nutrición de monogástricos como alternativa para mejorar un sistema de producción*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia “UNAD”. Retrieved from <http://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/1075/1/52424223.pdf>
- Antignac, J., Marchand, P., Le Bizec, B., & Andre, F. (2002). Identification of ractopamine residues in tissue and urine samples at ultra-trace level using liquid chromatography – positive electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography B*, 774(1), 59–66.
- Asociación PorkColombia. (2017). *Análisis de coyuntura del sector porcicultor año 2016 y perspectivas 2017*. Retrieved from [http://porcicol.org.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2015/Inf\\_Economico2015.pdf](http://porcicol.org.co/porcicultores/images/porcicultores/informes/2015/Inf_Economico2015.pdf)
- Asociación PorkColombia. (2018). *Análisis de coyuntura del sector porcicultor año 2017 y perspectivas 2018*.
- Athayde, N. B., Costa, O. A. D., Roça, R. O., Guidoni, A. L., Ludtke, C. B., & Lima, G. J. M. M. (2012). Meat quality of swine supplemented with ractopamine under commercial conditions in Brazil. *Journal of Animal Science*, 90(12), 4604–4610. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5102>
- Ayuso, D., González, A., Hernández, F., Corral, J. M., & Izquierdo, M. (2013). Prediction of carcass composition , ham and foreleg weights , and lean meat yields of Iberian pigs using ultrasound measurements in live animals. *Journal of Animal Science*, 91(4), 1884–1892. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5357>
- Bergstrom, J. R., Tokach, M. D., Dritz, S. S., Nelssen, J. L., DeRouchey, J. M., & Goodband, R. D. (2008). Effects of 200 ppb added chromium from chromium propionate on the growth performance and carcass characteristics of finishing pigs 1,2. In *Swine day* (pp. 226–230). Manhattan: Kansas State University. Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Retrieved from [http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/1727/Effects of 200 PPB Added Chromium from Chromium Propionate on the Growth Performance and Carcass Characteristics of](http://krex.k-state.edu/dspace/bitstream/handle/2097/1727/Effects%20of%20200%20PPB%20Added%20Chromium%20from%20Chromium%20Propionate%20on%20the%20Growth%20Performance%20and%20Carcass%20Characteristics%20of%20Finishing%20Pigs%201%2C%202.pdf)

Finishing Pigs.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Braña, D., Ramírez, E., Rubio, M., Sánchez, A., Torrescano, G., Arenas, M. L., ... Ríos, F. G. (2011). Manual de análisis de calidad en muestras de carne. In *Folleto técnico No. 11*. Querétaro: CENID Fisiología. Retrieved from <http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderia/Documents/MANUALES INIFAP/3. Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne.pdf>
- Bučko, O., Lehotayová, A., Haščík, P., Bahelka, I., Gábor, M., Bobko, M., ... Trembecká, L. (2015). Effect of chromium nicotinate on oxidative stability, chemical composition and meat quality of growing-finishing pigs. *Potravinarstvo*, 9(1), 562–572. <https://doi.org/10.5219/521>
- Burgos, C., Latorre, P., & López-buesa, P. (2016). The effects of chromium picolinate and simvastatin on pig serum cholesterol contents in swine muscular and adipose tissues. *Livestock Science*, 185, 74–78. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.01.014>
- Burgos, C., Moreno, C., Carrodegua, J. A., Barcelona, J. A., Tarrafeta, L., & López-Buesa, P. (2010). The influence of diet, sex, IGF2 and RYR1 genotypes and anatomical location on pork loin composition. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23(4), 307–313. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2009.12.005>
- CONTEXTOGANADERO. (2013). Ractopamina pone en “jaque” a Brasil, Colombia no la usa en bovinos. Retrieved from <http://www.contextoganadero.com/internacional/ractopamina-pone-en-jaque-brasil-colombia-no-la-usa-en-bovinos>
- DANE. (2018). Exportaciones. Retrieved from <http://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/comercio-internacional/exportaciones>
- De La Cueva, E. R. (2013). *Inclusión de niveles de extracto de quillaja en el engorde de cerdos en el Cantón Santo Domingo*. Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Retrieved from <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/571/1/T-UTEQ-0050.pdf>
- Dikeman, M. E. (2007). Effects of metabolic modifiers on carcass traits and meat quality. *Meat Science*, 77, 121–135. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.04.011>
- Dorado, M., Martín, E. M., Jiménez-Colmenero, F., & Masoud, T. . (1999). Cholesterol and fat contents of Spanish commercial pork cuts. *Meat Science*, 51, 321–323.
- EFSA - European Food Safety Authority. (2012). Scientific Opinion Scientific Opinion on ChromoPrecise® cellular bound chromium yeast added for nutritional purposes as a source of chromium in food supplements and the bioavailability of chromium from this source 1. *European Food Safety Authority Journal*, 10(11), 2951. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2951>.
- FAO. (2002). *Agricultura mundial : hacia los años 2015 / 2030 Informe resumido*. Departamento Económico y Social. Roma. Retrieved from <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/004/y3557S/y3557s02.pdf>
- FAO. (2012). *Information sheet - Discussion on ractopamine in codex and in the Joint*

- FAO / WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA). Roma. Retrieved from [http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/agns/pdf/Ractopamine\\_info\\_sheet\\_Codex-JECFA\\_rev\\_26April2012\\_\\_2\\_.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/agns/pdf/Ractopamine_info_sheet_Codex-JECFA_rev_26April2012__2_.pdf)
- FAO. (2014a). Cerdos y ... Retrieved from <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/pigs/home.html>
- FAO. (2014b). Consumo de Carne. Retrieved from <http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/background.html>
- FAO. (2018). FAOSTAT statistics database. Retrieved from <http://www.fao.org/faostat/es/?#compare>
- García-Contreras, A. C., De Loera Ortega, Y. G., Yagüe, A. P., Guevara González, J. A., & García Artiga, C. (2012). Alimentación Práctica Del Cerdo Feeding Practices for Pigs. *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, VI(1), 21–50. Retrieved from <https://revistas.ucm.es/index.php/RCCV/article/viewFile/38718/37437>
- Gebhardt, J. T., Cemin, H. S., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Dritz, S. S., DeRouchey, J. M., ... Goodband, R. D. (2017). Effects of KemTRACE chromium level and feeding regimen on finishing pig growth performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 95(Supplement 2), 132–133. <https://doi.org/10.2527/asasmw.2017.273>
- Gebhardt, J. T., Woodworth, J. C., Tokach, M. D., Dritz, S. S., DeRouchey, J. M., Loughmiller, J. A., & Goodband, R. D. (2017). Effects of KemTRACE Cr level and feeding regimen on finishing pig growth performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 95(Supplement 2), 74. <https://doi.org/10.2527/asasmw.2017.12.155>
- Gomes, M. R., Rogero, M. M., & Tirapegui, J. (2005). Considerações sobre cromo, insulina e exercício físico. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 11(5), 262–266. <https://doi.org/10.1590/S1517-86922005000500003>
- Güemez, H. R., Romo, J. A., Romo, J. M., Ramos, H., Uriarte, J. M., Félix, S. A., ... Gaxiola, S. M. (2011). Efecto de la adición de cromo a la dieta en el desempeño productivo y características de la canal del cerdo en crecimiento-finalización. *Revista Electronica de Veterinaria*, 12(3), 1–11.
- Jackson, A. R., Powell, S., Johnston, S. L., Matthews, J. O., Bidner, T. D., Valdez, F. R., & Southern, L. L. (2009). The effect of chromium as chromium propionate on growth performance, carcass traits, meat quality, and the fatty acid profile of fat from pigs fed no supplemented dietary fat, choice white grease, or tallow. *Journal of Animal Science*, 87(12), 4032–4041. <https://doi.org/10.2527/jas.2009-2168>
- Kim, B., Lindemann, M., & Cromwell, G. (2010). The Effects of dietary chromium ( III ) picolinate on growth performance , vital signs , and blood measurements of pigs during immune stress. *Biological Trace Element Research*, 135(1–3), 200–210. <https://doi.org/10.1007/s12011-009-8503-x>
- Lemme, A., Wenk, C., Lindemann, M., & Bee, G. (1999). Chromium yeast affects growth performance but not whole carcass composition of growing-finishing pigs. *Ann.*

- Zootech*, 48(6), 457–468. <https://doi.org/https://doi.org/10.1051/animres:19990605>
- León, J. F. (2014). La carne de cerdo y la tendencia “light”: ¿Amenaza u oportunidad? *Porcicultura Colombiana*, 195(Noviembre-Diciembre), 28–32.
- Li, H., Gariépy, C., Jin, Y., Font, M., Fortin, J., Rocha, L., & Faucitano, L. (2015). Effects of ractopamine administration and castration method on muscle fiber characteristics and sensory quality of the longissimus muscle in two Piétrain pig genotypes. *Meat Science*, 102, 27–34. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.10.027>
- Li, Y. S., Zhu, N. H., Niu, P. P., Shi, F. X., Hughes, C. L., Tian, G. X., & Huang, R. H. (2013). Effects of dietary chromium methionine on growth performance, carcass composition, meat colour and expression of the colour-related gene myoglobin of growing-finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 26(7), 1021–1029. <https://doi.org/10.5713/ajas.2013.13012>
- Lien, T., Wu, C., Wang, B., Shiao, M., Shiao, T., Lin, B., ... Hu, C. (2001). Effect of supplemental levels of chromium picolinate on the growth performance , serum traits , carcass characteristics and lipid metabolism of growing-finishing pigs. *Animal Science*, 72(2), 289–296. <https://doi.org/10.1017/S1357729800055788>
- Ligt, C. P. a Van De, Lindemann, M. D., & Cromwell, G. L. (2002a). Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth , carcass , and blood criteria in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 80, 483–493.
- Ligt, C. P. a Van De, Lindemann, M. D., & Cromwell, G. L. (2002b). Assessment of chromium tripicolinate supplementation and dietary protein level on growth , carcass , and blood criteria in growing pigs. *Journal of Animal Science*, 80, 2412–2419.
- Lindemann, M. D., Cromwell, G. L., Monegue, H. J., & Purser, K. W. (2008). Effect of chromium source on tissue concentration of chromium in pigs. *Journal of Animal Science*, 86(11), 2971–2978. <https://doi.org/10.2527/jas.2008-0888>
- Liu, C. Y., Boyer, J. L., & Mills, S. E. (1989). Acute effects of beta-adrenergic agonists on porcine adipocyte metabolism in vitro. *Journal of Animal Science*, 67(11), 2930–2936.
- Mateos, G. ., Valencia, D. G., & Moreno, E. J. (2004). Microminerales En Alimentación De Monogástricos, 275–323.
- Matthews, J. O., Guzik, A. C., Lemieux, F. M., Southern, L. L., & Bidner, T. D. (2005a). Effects of chromium propionate on growth , carcass traits , and pork quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 83(4), 858–862. <https://doi.org/10.2527/2005.834858x>
- Matthews, J. O., Guzik, A., Lemieux, F., Southern, L., & Bidner, T. (2005b). Effects of chromium propionate on growth, carcass traits, and pork quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 83(4), 858–62. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15753341>
- Matthews, J. O., Higbie, A., Southern, L., Coombs, D., Bidner, T., & Odgaard, R. L. (2003). Effect of chromium propionate and metabolizable energy on growth , carcass traits , and pork quality of growing-finishing pigs 1 , 2 , 3. *Journal of Animal Science*, 81(1), 191–196. <https://doi.org/10.2527/2003.811191x>

- Matthews, J. O., Southern, L. L., Fernandez, J. M., Pontif, J. E., Bidner, T. D., & Odgaard, R. L. (2001). Effect of chromium picolinate and chromium propionate on glucose and insulin kinetics of growing barrows and on growth and carcass traits of growing-finishing barrows. *Journal of Animal Science*, 79(8), 2172–2178. <https://doi.org/10.2527/2001.7982172x>
- McGraw, D., & Liggett, S. (2005). Molecular Mechanisms of  $\alpha_2$ -Adrenergic Receptor Function and Regulation. *Proceedings of the American Thoracic Society*, 2, 292–296. <https://doi.org/10.1513/pats.200504-027SR>
- Mills, S. E., & Liu, C. Y. (1990). Sensitivity of lipolysis and lipogenesis to dibutyl- $\alpha$ -AMP and beta-adrenergic agonists in swine adipocytes in vitro. *Journal of Animal Science*, 68(4), 1017–1023.
- Mooney, K. W., & Cromwell, G. L. (1997). Efficacy of Chromium Picolinate and Chromium Chloride as Potential Carcass Modifiers in Swine. *Journal of Animal Science*, 75(10), 2661–2671. <https://doi.org/10.2527/1997.75102661x>
- Moreno, R. A. (2007). Importancia del cromo en el organismo de personas con diabetes tipo II. *Revista Tecnociencia Universitaria.*, 5(5), 3–7. Retrieved from <http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/rtc/v5n5/v5n5a02.pdf>
- Niño, A. M. M., Granja, R. H. M. M., Wanschel, A. C. B. A., & Salerno, A. G. (2015). The challenges of ractopamine use in meat production for export to European Union and Russia. *Food Control*, 1–4. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.10.015>
- OCDE. (2012). MEATS - OECD-FAO Agricultural Outlook 2012-2021. Retrieved from <https://stats.oecd.org/index.aspx?queryid=36357#>
- OIE. (2016). *Informe anual de la OIE sobre el uso de agentes antimicrobianos en los animales: COMPRENDIENDO MEJOR LA SITUACIÓN MUNDIAL*.
- Park, J. K., Lee, J. Y., Chae, B. J., & Ohh, S. J. (2009). Effects of different sources of dietary chromium on growth, blood profiles and carcass traits in growing-finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(11), 1547–1554. <https://doi.org/10.5713/ajas.2009.80633>
- Patience, J. F., Rossoni-Serão, M. C., & Gutiérrez, N. A. (2015). A review of feed efficiency in swine : biology and application. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 6(33), 1–9. <https://doi.org/10.1186/s40104-015-0031-2>
- Peres, L. M., Bridi, A. M., Silva, C. A. da, Andreo, N., Barata, C. C. P., & Dário, J. G. N. (2014). Effect of low or high stress in pre-slaughter handling on pig carcass and meat quality. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 43(7), 369–375. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982014000700004>
- Pompeu, M. A., Rodrigues, L. A., Cavalcanti, L. F. L., Fontes, D. O., & Toral, F. L. B. (2017). A multivariate approach to determine the factors affecting response level of growth , carcass , and meat quality traits in finishing pigs fed ractopamine 1, 1644–1659. <https://doi.org/10.2527/jas2016.1181>
- Rikard-Bell, C., Curtis, M. A., Van Barneveld, R. J., Mullan, B. P., Edwards, A. C.,

- Gannon, N. J., ... Dunshea, F. R. (2009). Ractopamine hydrochloride improves growth performance and carcass composition in immunocastrated boars , intact boars , and gilts. *Journal of Animal Science*, 87(11), 3536–3543.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2009-2002>
- Roppa, L. (2013). Pork! “Coma carne de cerdo : es sabrosa , saludable y segura.” In *XI Congreso Centroamericano y del Caribe de Porcicultura* (pp. 16–18).
- Rossi, C. A., Lovatto, P. A., Lenhen, C. R., Andretta, I., Ceron, M. S., & Lovato, G. D. (2010). Alimentação de suínos em terminação com dietas contendo extratos cítricos e ractopamina: características químicas e perfil de ácidos graxos do músculo longissimus dorsi. *Ars Veterinaria*, 26(2), 95–103.
- Sales, J., & Jančík, F. (2011). Effects of dietary chromium supplementation on performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing swine: A meta-analysis. *Journal of Animal Science*, 89(12), 4054–4067.  
<https://doi.org/10.2527/jas.2010-3495>
- Sánchez, M. (2005). Tema 50 . - La canal porcina . - Sacrificio y faenado . - Operaciones de sacrificio . - Evolución de la composición corporal y características de las canales . - Clasificación de canales con.
- Shelton, J. L., Payne, R. L., Johnston, S. L., Bidner, T. D., Southern, L. L., Odgaard, R. L., & Page, T. G. (2003). Effect of chromium propionate on growth , carcass traits , pork quality , and plasma metabolites in growing-finishing pigs. *October*, 2515–2524.  
Retrieved from <https://dl-sciencesocieties-org.ezproxy.utp.edu.co/publications/jas/pdfs/81/10/0812515?search-result=1>
- Silva, B. A. N., Araujo, G. G. A., Philipe, F., Santos, F. A., Pinto, M. F. A., & Taveira, M. (2014). Alternativas ao uso de ractopamina para suínos. In *VI Congresso Latino-Americano de Nutrição Animal - Sala Suínos 23 a 26 de Setembro de 2014*. São Pedro, SP.: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal - CBNA. Retrieved from <http://www.cbna.com.br/site/documentos/clana/palestras/Palestras SUÍNOS/Palestra Bruno Silva EDITORADA.pdf>
- Spears, J. (2010). *Chromium in animal nutrition*. *Salt and Trace Minerals Newsletter*. Retrieved from <http://www.saltinstitute.org/wp-content/uploads/2013/09/1st-quarter-STM.pdf>
- Tavárez, M. A., Boler, D. D., Carr, S. N., Ritter, M. J., Petry, D. B., Souza, C. M., ... Dilger, A. C. (2012). Fresh meat quality and further processing characteristics of shoulders from finishing pigs fed ractopamine hydrochloride (Paylean). *Journal of Animal Science*, 90, 5122–5134. <https://doi.org/10.2527/jas2012-5438>
- Tian, Y. Y., Gong, L. M., Xue, J. X., Cao, J., & Zhang, L. Y. (2015). Effects of Graded Levels of Chromium Methionine on Performance, Carcass Traits, Meat Quality, Fatty Acid Profiles of Fat, Tissue Chromium Concentrations, and Antioxidant Status in Growing-Finishing Pigs. *Biological Trace Element Research*, 168(1), 110–121.  
<https://doi.org/10.1007/s12011-015-0352-1>
- Wang, M. Q., He, Y. D., Lindemann, M. D., & Jiang, Z. G. (2009). Efficacy of Cr ( III ) Supplementation on Growth , Carcass Composition , Blood Metabolites , and



Endocrine Parameters in Finishing Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 22(10), 1414–1419.

- Wang, M. Q., Wang, C., Du, Y. J., Li, H., Tao, W. J., Ye, S. S., ... Chen, S. Y. (2014). Effects of chromium-loaded chitosan nanoparticles on growth, carcass characteristics, pork quality, and lipid metabolism in finishing pigs. *Livestock Science*, 161, 123–129. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.12.029>
- Wang, M. Q., & Xu, Z. R. (2004). Effect of chromium nanoparticle on growth performance, carcass characteristics, pork quality and tissue chromium in finishing pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 17(8), 1118–1122. <https://doi.org/10.5713/ajas.2004.1118>
- Watanabe, P. H., Thomaz, M. C., Pascoal, L. A. F., Ruiz, U. S., Daniel, E., Amorim, A. B., ... Castro, F. F. (2012). Qualidade da carne de fêmeas suínas alimentadas com diferentes concentrações de ractopamina na dieta. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária E Zootecnia*, 64(5), 1381–1388. <https://doi.org/10.1590/S0102-09352012000500040>
- Webb, E. C., & O'Neill, H. A. (2008). The animal fat paradox and meat quality. *Meat Science*, 80, 28–36. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2008.05.029>
- Wenk, C. (1994). Organic Chromium in Growing Pigs : Observations Following a Year of Use and Research in Switzerland. In T. P. Lyons & K. A. Jacques (Eds.), *Biotechnology in the Feed Industry. Proceedings of Alltech's 10th Annual Symposium*. (pp. 301–308). Nottingham: Nottingham University Press.
- Wheeler, T. L., Papadopoulos, L. S., & Miller, R. K. (2015). *Research guidelines for cookery, sensory evaluation, and instrumental tenderness measurements of meat*. Retrieved from <http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/amsa-sensory-and-tenderness-evaluation-guidelines/research-guide/2015-amsa-sensory-guidelines-1-0.pdf?sfvrsn=6>
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., ... Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality : A review. *Meat Science*, 78, 343–358. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.019>
- Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., ... Enser, M. (2003). Effects of fatty acids on meat quality : a review. *Meat Science*, 66, 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/S0309-1740(03)00022-6)
- Xi, G., Xu, Z., Wu, S., & Chen, S. (2001). Effect of Chromium Picolinate on Growth Performance, Carcass Characteristics, Serum Metabolites and Metabolism of Lipid in Pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 14(2), 258–262. <https://doi.org/https://doi.org/10.5713/ajas.2001.258>
- Xiong, Y. L., Gower, M. J., Li, C., Elmore, C. A., Cromwell, G. L., & Lindemann, M. D. (2006). Effect of dietary ractopamine on tenderness and postmortem protein degradation of pork muscle. *Meat Science*, 73(4), 600–604. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.02.016>
- Xu, X., Li, Z., Wang, H., Pan, L., Ma, X., Xu, Y., ... Ji, F. (2017). Effects of chromium

methionine and zinc source on performance, carcass traits, and meat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science*, 95(Supplement 2), 88–89.  
<https://doi.org/10.2527/asasmw.2017.12.183>

Zambrano, D. C. ., & Lombana Sánchez, N. (2015). Importancia nutricional y aporte a la salud del consumo de carne de cerdo con mejoramiento de su perfil lipídico. *Porcicultura Colombiana*, 198(Febrero-Marzo), 23–27.